

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-040327

(43)Date of publication of application : 06.02.2002

(51)Int.Cl.

G02B 19/00
G02B 3/00
G02B 21/08
G03F 7/20
H01L 21/027

(21)Application number : 2000-230349

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 31.07.2000

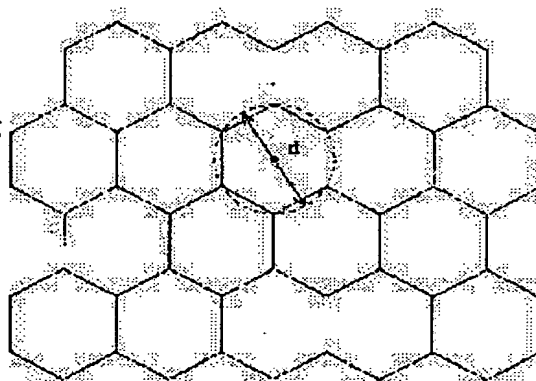
(72)Inventor : SHIBUYA MASATO
TANITSU OSAMU

(54) OPTICAL INTEGRATOR OF WAVEFRONT SPLITTING TYPE AND ILLUMINATING OPTICAL DEVICE PROVIDED WITH THE OPTICAL INTEGRATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical integrator of wavefront splitting type which enables to obtain a uniform illuminance distribution over almost the whole of illuminated field which is formed even when the sizes of respective micro lenses are made small and the number of wavefront splitting is set in large numbers.

SOLUTION: This optical integrator of wave front splitting type has a large number of micro lenses which are arranged two-dimensionally, wavefront-splits an incident luminous flux and forms a large number of light sources. Each micro lens has a regularly hexagonal incident face which inscribes with a circle of diameter d and a regularly hexagonal emission face which inscribes with the circle of diameter d and, when the focal distance of each micro lens is f and the wavelength of the incident luminous flux is λ , the condition of $(d/2)^2/(\lambda f) \geq 3.05$ is satisfied.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-40327

(P2002-40327A)

(43) 公開日 平成14年2月6日 (2002. 2. 6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト (参考)
G 0 2 B 19/00		G 0 2 B 19/00	2 H 0 5 2
3/00		3/00	A 5 F 0 4 6
21/08		21/08	
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 2 7
審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 12 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-230349 (P2000-230349)

(22) 出願日 平成12年7月31日 (2000. 7. 31)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 渋谷 真人

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 谷津 修

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100095256

弁理士 山口 孝雄

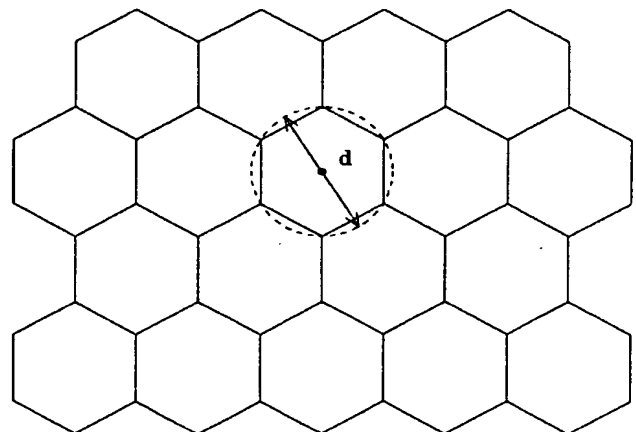
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波面分割型のオプティカルインテグレータおよび該オプティカルインテグレータを備えた照明光学装置

(57) 【要約】

【課題】 各微小レンズのサイズを小さくして波面分割数を大きく設定しても、形成される照野のほぼ全体に亘って均一な照度分布を得ることのできる、波面分割型のオプティカルインテグレータ。

【解決手段】 二次元的に配列された多数の微小レンズを有し、入射光束を波面分割して多数の光源を形成する波面分割型のオプティカルインテグレータ。各微小レンズは、直径がdの円に内接する正六角形状の入射面、および直径がdの円に内接する正六角形状の射出面を有し、各微小レンズの焦点距離をfとし、入射光束の波長をλとすると、 $(d/2)^2 / (\lambda \cdot f) \geq 3.05$ の条件を満足する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 二次元的に配列された多数の微小レンズを有し、入射光束を波面分割して多数の光源を形成する波面分割型のオプティカルインテグレータにおいて、各微小レンズは、矩形形状の入射面および矩形形状の射出面を有し、

各微小レンズの焦点距離を f とし、各微小レンズの入射面の一方の辺の長さを d_1 とし、各微小レンズの入射面の他方の辺の長さを d_2 とし、各微小レンズの射出面において前記入射面の一方の辺に対応する辺の長さを D_1 とし、各微小レンズの射出面において前記入射面の他方の辺に対応する辺の長さを D_2 とし、前記入射光束の波長を λ とするとき、

$$(d_1/2)(D_1/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

$$(d_2/2)(D_2/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

の条件のうちの少なくとも一方を満足することを特徴とするオプティカルインテグレータ。

【請求項2】 前記入射面の一方の辺の長さ d_1 は、前記入射面の他方の辺の長さ d_2 よりも実質的に大きく、

$$(d_1/2)(D_1/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載のオプティカルインテグレータ。

【請求項3】 二次元的に配列された多数の微小レンズを有し、入射光束を波面分割して多数の光源を形成する波面分割型のオプティカルインテグレータにおいて、各微小レンズは、矩形形状の入射面、および円形状または正六角形状の射出面を有し、

各微小レンズの焦点距離を f とし、各微小レンズの入射面の一方の辺の長さを d_1 とし、各微小レンズの入射面の他方の辺の長さを d_2 とし、各微小レンズの円形状の射出面の直径または正六角形状の射出面に外接する円の直径を D とし、前記入射光束の波長を λ とするとき、

$$(d_1/2)(D/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

$$(d_2/2)(D/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

の条件のうちの少なくとも一方を満足することを特徴とするオプティカルインテグレータ。

【請求項4】 前記入射面の一方の辺の長さ d_1 は、前記入射面の他方の辺の長さ d_2 よりも実質的に大きく、

$$(d_1/2)(D/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

の条件を満足することを特徴とする請求項3に記載のオプティカルインテグレータ。

【請求項5】 二次元的に配列された多数の微小レンズを有し、入射光束を波面分割して多数の光源を形成する波面分割型のオプティカルインテグレータにおいて、各微小レンズは、直径が d の円形状または直径が d の円に内接する正六角形状の入射面、および直径が d の円形状または直径が d の円に内接する正六角形状の射出面を有し、

各微小レンズの焦点距離を f とし、前記入射光束の波長を λ とするとき、

$$(d/2)^2/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

の条件を満足することを特徴とするオプティカルインテグレータ。

【請求項6】 光束を供給するための光源手段と、前記光源手段からの光束に基づいて多数の光源を形成するための請求項1乃至5のいずれか1項に記載のオプティカルインテグレータと、前記多数の光源からの光束を前記被照射面へ導くための導光光学系とを備えていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項7】 前記導光光学系は、前記多数の光源からの光束を集光して照野を重疊的に形成するためのコンデンサー光学系と、前記照野からの光束に基づいて前記被照射面に前記照野の像を形成するための結像光学系とを有し、

前記結像光学系の光路中において前記多数の光源の形成位置と光学的にほぼ共役な位置には、不要な光束を遮るための開口絞りが設けられていることを特徴とする請求項6に記載の照明光学装置。

【請求項8】 被照射面に配置されたマスク上のパターンの像を感光性基板上に形成する投影光学系を備えた露光装置と組み合わせられる照明光学装置において、光束を供給する光源手段と、

前記光源手段からの光束に基づいて多数の光源を形成すると共に、該多数の光源からの光束が重疊された所定面上の領域である照野を形成する多数光束重疊手段と、前記マスク上または前記マスク近傍に前記照野の像を形成する照明結像光学系とを備え、

前記照明結像光学系は、前記投影光学系の瞳と光学的に共役な位置に配置された開口絞りを有することを特徴とする照明光学装置。

【請求項9】 請求項6乃至8のいずれか1項に記載の照明光学装置と、前記被照射面に設定されたマスクのパターンを感光性基板上へ投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波面分割型のオプティカルインテグレータおよび該オプティカルインテグレータを備えた照明光学装置に関し、特にマイクロデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置や顕微鏡などに好適な照明光学装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスを製造するための典型的な露光装置においては、光源から射出された光束がマイクロフライアイに入射し、その後側焦点面に多数の光源からなる二次光源を形成する。二次光源からの光束は、マイクロフライアイの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデンサーレン

ズに入射する。

【0003】コンデンサーレンズにより集光された光束は、所定のパターンが形成されたマスクを重畳的に照明する。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介して感光性基板上に結像する。こうして、感光性基板上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。なお、マスクに形成されるパターンは高集積化されており、この微細パターンを感光性基板上に正確に転写するには感光性基板上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

【0004】なお、マイクロフライアイは、稠密に且つ縦横に配列された多数の微小レンズからなる波面分割型のオプティカルインテグレータである。一般に、マイクロフライアイは、たとえば平行平面ガラス板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成される。ここで、マイクロフライアイを構成する各微小レンズは、フライアイレンズを構成する各レンズエレメントよりも微小である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上述したように、微細パターンを感光性基板上に転写するための露光装置の場合、マスク上および感光性基板上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。したがって、照度むらを低減するために、マイクロフライアイを構成する微小レンズの数を大きくすることが、すなわち波面分割数を大きくすることが望まれている。

【0006】また、エッチングなどでマイクロフライアイを製造する場合には、ガラス板を深くエッチングすることは困難であり、各微小レンズのサイズを小さくするほうが製造し易い。しかしながら、各微小レンズのサイズを単に小さくすると、各微小レンズの入射面に対する回折限界分だけ、その入射面と光学的に共役な被照射面に形成される照野において周辺の照度が低下するという不都合がある。

【0007】本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、各微小レンズのサイズを小さくして波面分割数を大きく設定しても、形成される照野のほぼ全体に亘って均一な照度分布を得ることのできる、波面分割型のオプティカルインテグレータおよび該オプティカルインテグレータを備えた照明光学装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】 前記課題を解決するために、本発明の第1発明では、二次元的に配列された多数の微小レンズを有し、入射光束を波面分割して多数の光源を形成する波面分割型のオプティカルインテグレータにおいて、各微小レンズは、矩形状の入射面および矩形状の射出面を有し、各微小レンズの焦点距離を f とし、各微小レンズの入射面の一方の辺の長さを d_1 とし、各微小レンズの入射面の他方の辺の長さを d_2 とし、各微

小レンズの射出面において前記入射面の一方の辺に対応する辺の長さを D_1 とし、各微小レンズの射出面において前記入射面の他方の辺に対応する辺の長さを D_2 とし、前記入射光束の波長を λ とするとき、

$$(d_1/2)(D_1/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

$$(d_2/2)(D_2/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

の条件のうちの少なくとも一方を満足することを特徴とするオプティカルインテグレータを提供する。

【0009】第1発明の好ましい態様によれば、前記入射面の一方の辺の長さ d_1 は、前記入射面の他方の辺の長さ d_2 よりも実質的に大きく、

$$(d_1/2)(D_1/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

の条件を満足する。

【0010】本発明の第2発明では、二次元的に配列された多数の微小レンズを有し、入射光束を波面分割して多数の光源を形成する波面分割型のオプティカルインテグレータにおいて、各微小レンズは、矩形状の入射面、および円形状または正六角形状の射出面を有し、各微小レンズの焦点距離を f とし、各微小レンズの入射面の一方の辺の長さを d_1 とし、各微小レンズの入射面の他方の辺の長さを d_2 とし、各微小レンズの円形状の射出面の直径または正六角形状の射出面に外接する円の直径を D とし、前記入射光束の波長を λ とするとき、

$$(d_1/2)(D/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

$$(d_2/2)(D/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

の条件のうちの少なくとも一方を満足することを特徴とするオプティカルインテグレータを提供する。

【0011】第2発明の好ましい態様によれば、前記入射面の一方の辺の長さ d_1 は、前記入射面の他方の辺の長さ d_2 よりも実質的に大きく、

$$(d_1/2)(D/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

の条件を満足する。

【0012】本発明の第3発明では、二次元的に配列された多数の微小レンズを有し、入射光束を波面分割して多数の光源を形成する波面分割型のオプティカルインテグレータにおいて、各微小レンズは、直径が d の円形状または直径が d の円に内接する正六角形状の入射面、および直径が d の円形状または直径が d の円に内接する正六角形状の射出面を有し、各微小レンズの焦点距離を f とし、前記入射光束の波長を λ とするとき、

$$(d/2)^2/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$$

の条件を満足することを特徴とするオプティカルインテグレータを提供する。

【0013】本発明の第4発明では、光束を供給するための光源手段と、前記光源手段からの光束に基づいて多数の光源を形成するための第1発明～第3発明のオプティカルインテグレータと、前記多数の光源からの光束を前記被照射面へ導くための導光光学系とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

【0014】第4発明の好ましい態様によれば、前記導

光光学系は、前記多数の光源からの光束を集光して照野を重畳的に形成するためのコンデンサー光学系と、前記照野からの光束に基づいて前記被照射面に前記照野の像を形成するための結像光学系とを有し、前記結像光学系の光路中において前記多数の光源の形成位置と光学的にほぼ共役な位置には、不要な光束を遮るための開口絞りが設けられている。

【0015】本発明の第5発明では、被照射面に配置されたマスク上のパターンの像を感光性基板上に形成する投影光学系を備えた露光装置と組み合わせられる照明光学装置において、光束を供給する光源手段と、前記光源手段からの光束に基づいて多数の光源を形成すると共に、該多数の光源からの光束が重畳された所定面上の領域である照野を形成する多数光束重畳手段と、前記マスク上または前記マスク近傍に前記照野の像を形成する照明結像光学系とを備え、前記照明結像光学系は、前記投影光学系の瞳と光学的に共役な位置に配置された開口絞りを有することを特徴とする照明光学装置を提供する。

$$b = 0.61 \cdot (\lambda / NA) = 0.61 \cdot \lambda / \{ (d/2) / f \} \quad (a)$$

【0018】被照射面に形成される照野のほぼ全体に亘って均一な照度分布を得るためには、上述の幅bが入射

$$0.61 \cdot \{ \lambda / (d/2) / f \} \leq d/10 \quad (b)$$

条件式(b)を変形すると、次の条件式(1)に示す関係が得られる。

$$(d/2)^2 / (\lambda \cdot f) \geq 3.05 \quad (1)$$

【0019】また、照野のほぼ全体に亘ってさらに均一

$$0.61 \cdot \{ \lambda / (d/2) / f \} \leq d/100 \quad (c)$$

条件式(c)を変形すると、次の条件式(1')に示す関係が得られる。

$$(d/2)^2 / (\lambda \cdot f) \geq 30.5 \quad (1')$$

以上、オブティカルインテグレータの入射面および射出面がともに同じ大きさの正六角形状の場合について説明したが、入射面および射出面がともに同じ大きさの円形状の場合も同様である。

【0020】次に、図2に示すように、オブティカルインテグレータを構成する各微小レンズの入射面が矩形形状に形成され且つその射出面が正六角形状に形成されている場合について考える。この場合、矩形形状の入射面の長辺の長さをd1とし、矩形形状の入射面の短辺の長さをd

$$0.61 \cdot \lambda / \{ (D/2) / f \} \leq d1/10 \quad (e)$$

$$0.61 \cdot \lambda / \{ (D/2) / f \} \leq d2/10 \quad (f)$$

【0022】条件式(e)および(f)を変形すると、

$$(d1/2) (D/2) / (\lambda \cdot f) \geq 3.05 \quad (2)$$

$$(d2/2) (D/2) / (\lambda \cdot f) \geq 3.05 \quad (3)$$

【0023】また、照野のほぼ全体に亘ってさらに均一な照度分布を得るためには、上述の幅bが入射面の長辺方向のサイズd1の1/100よりも小さいか、あるいは

$$0.61 \cdot \lambda / \{ (D/2) / f \} \leq d1/100 \quad (g)$$

$$0.61 \cdot \lambda / \{ (D/2) / f \} \leq d2/100 \quad (h)$$

【0024】条件式(g)および(h)を変形すると、

【0016】本発明の第6発明では、第4発明または第5発明の照明光学装置と、前記被照射面に設定されたマスクのパターンを感光性基板上へ投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

【0017】

【発明の実施の形態】まず、図1に示すように、オブティカルインテグレータを構成する各微小レンズの入射面および射出面がともに同じ大きさの正六角形状に形成されている場合について考える。この場合、各微小レンズの入射面に対する回折限界分だけ、入射面と光学的に共役な被照射面に形成される照野において周辺の照度が低下する。正六角形状の入射面および射出面に外接する円の直径をdとし、各微小レンズの開口数をNAとし、各微小レンズの焦点距離をfとし、入射光束の波長をλとすると、回折限界に起因する照度の低下に寄与する入射面上の周辺部分の幅bは、次の式(a)で表される。

面のサイズdの1/10よりも小さいこと、すなわち次の条件式(b)が満足されることが望ましい。

な照度分布を得るためには、上述の幅bが入射面のサイズdの1/100よりも小さいこと、すなわち次の条件式(c)が満足されることがさらに望ましい。

2とし、正六角形状の射出面に外接する円の直径をDとし、各微小レンズの開口数をNAとし、各微小レンズの焦点距離をfとし、入射光束の波長をλとすると、回折限界に起因する照度の低下に寄与する入射面上の周辺部分の幅bは、次の式(d)で表される。

$$b = 0.61 \cdot \lambda / \{ (D/2) / f \} \quad (d)$$

【0021】被照射面に形成される照野のほぼ全体に亘って均一な照度分布を得るためには、上述の幅bが入射面の長辺方向のサイズd1の1/10よりも小さいか、あるいは短辺方向のサイズd2の1/10よりも小さいこと、すなわち次の条件式(e)または(f)が満足されることが望ましい。

次の条件式(2)および(3)に示す関係が得られる。

は短辺方向のサイズd2の1/100よりも小さいこと、すなわち次の条件式(g)または(h)が満足されることがさらに望ましい。

次の条件式(2')および(3')に示す関係が得られ

る。

$$(d1/2)(D/2)/(\lambda \cdot f) \geq 30.5 \quad (2')$$

$$(d2/2)(D/2)/(\lambda \cdot f) \geq 30.5 \quad (3')$$

【0025】なお、射出面が完全な正六角形の場合、矩形形状の入射面の長辺の長さd1と短辺の長さd2との比

$$d1:d2=3:\sqrt{(3)}/2 \quad \text{または} \quad 1.5:\sqrt{(3)} \quad (i)$$

ここで、 $\sqrt{(3)}$ は、3の平方根を表している。ところで、オプティカルインテグレータの入射面の形状は、被照射面上に形成すべき照明領域（照野）の形状と相似に設定する必要がある。したがって、実際には、入射面が所要の矩形形状に設定され、その入射面の形状に合わせて射出面の形状が正六角形に近い六角形状に設定されることになる。以上、オプティカルインテグレータの射出面が正六角形状の場合について説明したが、射出面が円形状の場合も同様である。なお、オプティカルインテグレータの射出面は、光源形状と相似の形状であることが好ましく、ランプ光源の場合は略円形状や正六角形状が有効である。

【0026】次に、図3に示すように、オプティカルインテグレータを構成する各微小レンズの入射面および射出面がともに矩形形状に形成されている場合について考える。この場合、矩形形状の入射面の長辺の長さをd1とし、矩形形状の入射面の短辺の長さをd2とし、矩形形状の

$$0.61 \cdot \lambda / \{(D1/2)/f\} \leq d1/10 \quad (m)$$

$$0.61 \cdot \lambda / \{(D2/2)/f\} \leq d2/10 \quad (n)$$

【0028】条件式(m)および(n)を変形すると、

$$(d1/2)(D1/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05 \quad (4)$$

$$(d2/2)(D2/2)/(\lambda \cdot f) \geq 3.05 \quad (5)$$

【0029】また、照野のほぼ全体に亘ってさらに均一な照度分布を得るためには、上述の幅b1が入射面の長辺方向のサイズd1の1/100よりも小さいか、ある

$$0.61 \cdot \lambda / \{(D1/2)/f\} \leq d1/100 \quad (p)$$

$$0.61 \cdot \lambda / \{(D2/2)/f\} \leq d2/100 \quad (q)$$

【0030】条件式(p)および(q)を変形すると、次の条件式(4')および(5')に示す関係が得られ

$$(d1/2)(D1/2)/(\lambda \cdot f) \geq 30.5 \quad (4')$$

$$(d2/2)(D2/2)/(\lambda \cdot f) \geq 30.5 \quad (5')$$

【0031】最後に、図4に示すように、オプティカルインテグレータを構成する各微小レンズの各微小レンズの入射面および射出面がともに同じ大きさの矩形形状に形成されている場合について考える。この場合、矩形形状の入射面および射出面の長辺の長さをd1とし、矩形形状の入射面および射出面の短辺の長さをd2とし、各微小レンズの開口数をNAとし、各微小レンズの焦点距離をfとし、入射光束の波長をλとすると、回折限界に起因する照度の低下に寄与する入射面上の周辺部分の長辺方

$$0.61 \cdot \lambda / \{(d1/2)/f\} \leq d1/10 \quad (s)$$

$$0.61 \cdot \lambda / \{(d2/2)/f\} \leq d2/10 \quad (t)$$

【0033】条件式(s)および(t)を変形すると、

$$(d1/2)^2/(\lambda \cdot f) \geq 3.05 \quad (6)$$

$$(d2/2)^2/(\lambda \cdot f) \geq 3.05 \quad (7)$$

は、次の式(i)に示す関係を満たす必要がある。

射出面において入射面の長辺方向に対応する方向に沿った長さをD1とし、矩形形状の射出面において入射面の短辺方向に対応する方向に沿った長さをD2とし、各微小レンズの開口数をNAとし、各微小レンズの焦点距離をfとし、入射光束の波長をλとすると、回折限界に起因する照度の低下に寄与する入射面上の周辺部分の長辺方向に沿った幅b1および短辺方向に沿った幅b2は、次の式(j)および(k)で表される。

$$b1 = 0.61 \cdot \lambda / \{(D1/2)/f\} \quad (j)$$

$$b2 = 0.61 \cdot \lambda / \{(D2/2)/f\} \quad (k)$$

【0027】被照射面に形成される照野のほぼ全体に亘って均一な照度分布を得るためには、上述の幅b1が入射面の長辺方向のサイズd1の1/10よりも小さいか、あるいは上述の幅b2が入射面の短辺方向のサイズd2の1/10よりも小さいこと、すなわち次の条件式(m)または(n)が満足されることが望ましい。

次の条件式(4)および(5)に示す関係が得られる。

いは上述の幅b2が入射面の短辺方向のサイズd2の1/100よりも小さいこと、すなわち次の条件式(p)または(q)が満足されることがさらに望ましい。

る。

向に沿った幅bは、次の式(r)で表される。

$$b = 0.61 \cdot \lambda / \{(d1/2)/f\} \quad (r)$$

【0032】被照射面に形成される照野のほぼ全体に亘って均一な照度分布を得るためには、上述の幅bが入射面の長辺方向のサイズd1の1/10よりも小さいか、あるいは短辺方向のサイズd2の1/10よりも小さいこと、すなわち次の条件式(s)または(t)が満足されることが望ましい。

【0034】また、照野のほぼ全体に亘ってさらに均一な照度分布を得るためには、上述の幅**b**が入射面の長辺方向のサイズ**d1**の1/100よりも小さいか、あるいは

$$0.61 \cdot \lambda / \{(d1/2) / f\} \leq d1/100 \quad (u)$$

$$0.61 \cdot \lambda / \{(d2/2) / f\} \leq d2/100 \quad (v)$$

【0035】条件式(u)および(v)を変形すると、次の条件式(6')および(7')に示す関係が得られる。

$$(d1/2)^2 / (\lambda \cdot f) \geq 30.5 \quad (6')$$

$$(d2/2)^2 / (\lambda \cdot f) \geq 30.5 \quad (7')$$

【0036】本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図5は、本発明の第1実施形態にかかる照明光学装置の構成を概略的に示す図である。図6は、図5の照明光学装置を備えた落射照明型の顕微鏡の構成を概略的に示す図である。図7は、図5の照明光学装置を備えた透過照明型の顕微鏡の構成を概略的に示す図である。第1実施形態では、顕微鏡の照明光学装置に本発明を適用している。

【0037】図5を参照すると、第1実施形態の照明光学装置は、照明光を供給するための光源として、たとえばハロゲンランプ10を備えている。ハロゲンランプ10からの光束は、コリメートレンズ11を介してほぼ平行光束となり、波面分割型のオプティカルインテグレータとしてのマイクロフライアイ12に入射する。マイクロフライアイ12は、図1および図5に示すように、縦横に稠密に配列された多数の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子であって、各微小レンズの入射面および射出面はともに同じ大きさの正六角形状(サイズ**d**)に形成されている。マイクロフライアイ12は、たとえば平行平面ガラス板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成されている。

【0038】したがって、マイクロフライアイ12に入射した光束は多数の微小レンズにより二次元的に分割され、その後側焦点面には多数の光源からなる実質的な面光源(以下「二次光源」という)が形成される。マイクロフライアイ12の後側焦点面に形成された二次光源からの光束は、その近傍に配置された開口絞り13によって制限された後、コンデンサーレンズ14を介して集光され、その後側焦点面に照野を形成する。この照野の形成位置(すなわちコンデンサーレンズ14の後側焦点面)には、視野絞り15が配置されている。このように、コリメートレンズ11、マイクロフライアイ12およびコンデンサーレンズ14は、光源10からの光束に基づいて多数の光源を形成すると共に、この多数の光源からの光束が重畳された所定面上の領域である照野を形成する多数光束重畳手段を構成している。

【0039】視野絞り15を通過した照野からの光束は、結像光学系16を介して、観察すべき物体面(試料面)17を照明する。ここで、視野絞り15と、被照射面としての物体面17とは、結像光学系16を介して光

は短辺方向のサイズ**d2**の1/100よりも小さいこと、すなわち次の条件式(u)または(v)が満足されることがさらに望ましい。

学的に共役に配置されている。したがって、物体面17上には、視野絞り15の開口部の像(すなわち照野の像)としての照明領域が形成される。なお、結像光学系16の瞳面の近傍には、フレアーなどの原因となる不要光を遮るための開口絞り18が配置されている。ここで、開口絞り13および18のうちのいずれか一方が配置されていれば、照明光学装置の基本的性能は満足されるが、フレアーの発生などを良好に抑えるには双方の開口絞り13および18を配置することが望ましい。また、開口絞り13および18は、可変開口部を有することが好ましい。

【0040】図6を参照すると、第1実施形態の照明光学装置が組み込まれた落射照明型の顕微鏡では、視野絞り15の位置に形成された照野からの光束が、結像光学系16の前方レンズ群16aを介して、ビームスプリッター61に入射する。ビームスプリッター61で反射された光束は、結像光学系16の後方レンズ群16bを介して物体面を落射照明する。物体面からの反射光は、第1対物レンズ62(すなわち結像光学系16の後方レンズ群16b)を介して、ビームスプリッター61に入射する。ビームスプリッター61を透過した光は、第2対物レンズ63を介して観察物体像64を形成する。この観察物体像64は、接眼レンズ65を介して拡大観察される。

【0041】一方、図7を参照すると、第1実施形態の照明光学装置が組み込まれた透過照明型の顕微鏡では、視野絞り15の位置に形成された照野からの光束が、結像光学系16を介して、物体面を下方から照明する。物体面を透過した光は、第1対物レンズ62および第2対物レンズ63を介して、観察物体像64を形成する。この観察物体像64は、接眼レンズ65を介して拡大観察される。なお、図6および図7において、開口絞り18の図示を省略している。

【0042】第1実施形態では、マイクロフライアイ12が、上述の条件式(1)を満足するように構成されている。したがって、視野絞り15の位置に形成される照野において、ひいては被照射面である物体面17に形成される照明領域(照野)において、照度が低下する周辺部分の幅を小さく抑え、そのほぼ全体に亘って均一な照度分布を得ることができる。また、マイクロフライアイ12が条件式(1')を満足するように構成すれば、照度が低下する周辺部分の幅をさらに小さく抑え、そのほぼ全体に亘ってさらに均一な照度分布を得ることができる。

【0043】図8は、本発明の第2実施形態にかかる照

明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。第2実施形態では、光源として超高圧水銀ランプを用いて液晶表示素子を製造するための露光装置に本発明を適用している。図8を参照すると、第2実施形態の装置は、たとえばi線の輝線を含む光を供給する超高圧水銀ランプからなる光源20を備えている。光源20は、光軸AXに関して回転対称な楕円反射面を有する楕円鏡21の第1焦点位置に位置決めされている。したがって、光源20から射出された照明光束は、楕円鏡21の第2焦点位置に光源像を形成する。

【0044】楕円鏡2の第2焦点位置に形成された光源像からの発散光束は、コリメートレンズ22によりほぼ平行光束に変換された後、波長選択フィルター（不図示）を介して、波面分割型のオプティカルインテグレータ23に入射する。波長選択フィルターでは、i線の光（365nm）だけが露光光として選択される。なお、波長選択フィルターでは、たとえばg線（436nm）の光とh線（405nm）とi線の光とを同時に選択することもできるし、g線の光とh線の光とを同時に選択することもできるし、h線の光とi線の光とを同時に選択することもできる。

【0045】オプティカルインテグレータ23では、図8に示すように、入射側の第1微小レンズ群23aと射出側の第2微小レンズ群23bとの間に所定の厚さを有する平行平板23cを介在させて、これらを一体的に構成している。ここで、入射側の第1微小レンズ群23aは、図2(a)に示すように、縦横に稠密に配列された多数の矩形形状（ $d1 \times d2$ ）の正屈折力を有する微小レンズからなる。また、射出側の第2微小レンズ群23bは、図2(b)に示すように、縦横に稠密に配列された多数の正六角形状（サイズD）の正屈折力を有する微小レンズからなる。そして、入射側の第1微小レンズ群23aと射出側の第2微小レンズ群23bとは、対応する各微小レンズの光軸が厳密に一致するように、たとえばモールド法により形成されている。

【0046】この場合、オプティカルインテグレータ23を構成する微小レンズは、入射側の第1微小レンズ群23aのうちの1つの第1微小レンズと、射出側の第2微小レンズ群23bのうち当該第1微小レンズに対応する1つの第2微小レンズとからなる。そして、オプティカルインテグレータ23を構成する微小レンズの焦点距離は、上述の第1微小レンズと第2微小レンズとの合成焦点距離である。なお、入射側の第1微小レンズ群23aと射出側の第2微小レンズ群23bとの間に所定の厚さを有する平行平板23cを介在させて、これらを接着剤などで接合することもできる。オプティカルインテグレータ23のさらに詳細な構成については、特開平8-31736号公報の開示（たとえば図6および図7など）を参照することができる。

【0047】こうして、オプティカルインテグレータ2

3の後側焦点面には、多数の光源からなる二次光源が形成される。二次光源からの光束は、オプティカルインテグレータ23の後側焦点面の近傍に配置された開口絞り24により制限された後、コンデンサーレンズ25に入射する。なお、開口絞り24は、後述する投影光学系PLの入射瞳面と光学的に共役な位置（照明瞳の位置）に配置され、照明に寄与する二次光源の範囲を規定するための開口部を有する。また、開口絞り24は、コンデンサーレンズ25の前側焦点面に配置されている。

10 【0048】したがって、コンデンサーレンズ25を介して集光された光束は、後述するマスクMの照明領域（照明視野）を規定するための照明視野絞り26を重畳的に照明する。照明視野絞り26の矩形形状の開口部を通過した光束は、結像光学系27を介して、所定の転写パターンが形成されたマスクMを重畳的に照明する。こうして、マスクM上には、照明視野絞り26の開口部の像、すなわちオプティカルインテグレータ23の第1微小レンズの断面形状に相似な矩形形状の照明領域が形成される。なお、結像光学系27の瞳面（投影光学系PLの入射瞳面と光学的に共役な位置）の近傍には、フレアーなどの原因となる不要光を遮るための開口絞り28が配置されている。

【0049】マスクMは、マスク面に沿って二次元的に移動可能なマスクステージ（不図示）上に保持されている。マスクステージの位置座標は、干渉計（不図示）によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。マスクMのパターンを透過した光束は、投影光学系PLを介して、感光性基板であるプレートP上にマスクパターンの像を形成する。プレートPは、プレート面に沿って二次元的に移動可能なプレートステージ（不図示）上に保持されている。プレートステージの位置座標は、干渉計（不図示）によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

30 【0050】こうして、投影光学系PLの光軸と直交する平面内においてプレートPを二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、プレートPの各露光領域にはマスクMのパターンが逐次露光される。一括露光では、いわゆるステップ・アンド・リピート方式にしたがって、プレートPの各露光領域に対してマスクパターンを一括的に露光する。一方、スキャン露光では、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、オプティカルインテグレータ23の矩形形状の入射面の短辺方向（すなわちマスクM上に形成される矩形形状の照明領域の短辺方向）に光学的に対応する方向（スキャン方向）に沿って、マスクMおよびプレートPを投影光学系PLに対して相対移動させながらスキャン露光を行うことにより、プレートPの各露光領域にはマスクMのパターンが逐次露光される。

【0051】第2実施形態では、オプティカルインテグレータ23が、上述の条件式（2）および（3）のうち

少なくとも一方の条件式を満足するように構成されている。したがって、被照射面であるマスクM上に、ひいてはプレートP上に形成される照明領域（露光領域）において、照度が低下する周辺部分の幅を小さく抑え、そのほぼ全体に亘って均一な照度分布を得ることができる。また、オプティカルインテグレータ23が条件式（2'）および（3'）のうち少なくとも一方の条件式を満足するように構成すれば、照度が低下する周辺部分の幅をさらに小さく抑え、そのほぼ全体に亘ってさらに均一な照度分布を得ることができる。

【0052】ところで、第2実施形態においてスキャン露光を行う場合、スキャン方向（オプティカルインテグレータ23の矩形形状の入射面の短辺方向に光学的に対応する方向）に沿った照度分布はスキャン露光的作用により平滑化されるので、2つの条件式（2）および（3）のうちオプティカルインテグレータ23の矩形形状の入射面の長辺方向に沿った条件式（2）を満足することが好ましい。同様に、第2実施形態においてスキャン露光を行う場合、条件式（2'）を満足することがさらに好ましい。

【0053】なお、第2実施形態では、入射側の第1微小レンズ群23aが多数の矩形形状の微小レンズからなり、射出側の第2微小レンズ群23bが多数の正六角形状の微小レンズから構成されている。しかしながら、図3に示すように、入射側の第1微小レンズ群23aを多数の矩形形状（ $d_1 \times d_2$ ）の微小レンズで構成するとともに射出側の第2微小レンズ群23bを多数の矩形形状（ $D_1 \times D_2$ ）の微小レンズで構成する変形例も可能である。この変形例の場合、上述の条件式（4）および（5）のうち少なくとも一方の条件式を満足することが好ましく、上述の条件式（4'）および（5'）のうち少なくとも一方の条件式を満足することがさらに好ましい。そして、変形例においてスキャン露光を行う場合、矩形形状の入射面の長辺方向に沿った条件式（4）を満足することが好ましく、条件式（4'）を満足することがさらに好ましい。

【0054】図9は、本発明の第3実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。第3実施形態では、エキシマレーザ光源を用いて半導体素子を製造するための露光装置に本発明を適用している。図9を参照すると、第3実施形態の装置は、露光光（照明光）を供給するための光源30として、たとえば248nm（KrF）または193nm（ArF）の波長の光を供給するエキシマレーザ光源を備えている。光源30から射出されたほぼ平行光束は、ビームエキスパンダー（不図示）を介して所定の矩形形状の断面を有する光束に整形された後、マイクロフライアイ31に入射する。

【0055】マイクロフライアイ31は、縦横に稠密に配列された多数の正屈折力を有する正方形形状の微小レン

ズから構成されている。こうして、マイクロフライアイ31の後側焦点面には多数の光源が形成される。マイクロフライアイ31の後側焦点面に形成された多数の光源からの光束は、第1コンデンサーレンズ32を介して、波面分割型のオプティカルインテグレータ33に入射する。オプティカルインテグレータ33は、図9に示すように、入射側に配置された第1マイクロフライアイ33aと射出側に配置された第2マイクロフライアイ33bとから構成されている。

【0056】ここで、入射側の第1マイクロフライアイ33aおよび射出側の第2マイクロフライアイ33bは、図4に示すように、縦横に稠密に配列された多数の矩形形状の正屈折力を有する微小レンズからなる。そして、入射側の第1マイクロフライアイ33aを構成する第1微小レンズと、射出側の第2マイクロフライアイ33bを構成する第2微小レンズとは、同じ大きさの矩形形状（ $d_1 \times d_2$ ）に形成されている。さらに、各第1微小レンズの光軸と、対応する各第2微小レンズの光軸とが厳密に一致するように、第1マイクロフライアイ33aと第2マイクロフライアイ33bとが位置合わせされている。

【0057】この場合、オプティカルインテグレータ33を構成する微小レンズは、入射側の第1マイクロフライアイ33aを構成する第1微小レンズと、射出側の第2マイクロフライアイ33bを構成する第2微小レンズとからなる。そして、オプティカルインテグレータ33を構成する微小レンズの焦点距離は、上述の第1微小レンズと第2微小レンズとの合成焦点距離である。なお、オプティカルインテグレータ33の入射側および射出側にカバーガラスを配置することが好ましい。また、第1マイクロフライアイ33aを構成する第1微小レンズと、第2マイクロフライアイ33bを構成する第2微小レンズとの曲率半径を若干異ならせて、オプティカルインテグレータ33を構成する微小レンズの前側焦点位置を第1マイクロフライアイ33aの入射面と一致させ、且つ後側焦点位置を第2マイクロフライアイ33bの射出側空間となるように構成しても良い。この場合には、光量的な観点および耐レーザ性の観点で利点がある。

【0058】こうして、オプティカルインテグレータ33の後側焦点面には、多数の光源からなる二次光源が形成される。二次光源からの光束は、オプティカルインテグレータ33の後側焦点面の近傍に配置された開口絞り34により制限された後、第2コンデンサーレンズ35に入射する。第2コンデンサーレンズ35を介して集光された光束は、照明視野絞り36の矩形形状の開口部を通過し、結像光学系37を介してマスクMを重畳的に照明する。こうして、マスクM上には、オプティカルインテグレータ33の各微小レンズの断面形状に相似な矩形形状の照明領域が形成される。結像光学系37の瞳面の近傍には、フレアーなどの原因となる不要光を遮るための開

口絞り38が配置されている。

【0059】マスクMは、マスク面に沿って二次元的に移動可能なマスクステージ（不図示）上に保持されている。マスクステージの位置座標は、干渉計（不図示）によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。マスクMのパターンを透過した光束は、投影光学系PLを介して、感光性基板であるウェハW上にマスクパターンの像を形成する。ウェハWは、ウェハ面に沿って二次元的に移動可能なウェハステージ（不図示）上に保持されている。ウェハステージの位置座標は、干渉計（不図示）によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0060】こうして、投影光学系PLの光軸と直交する平面内においてウェハWを二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウェハWの各露光領域にはマスクMのパターンが逐次露光される。一括露光では、いわゆるステップ・アンド・リピート方式にしたがって、ウェハWの各露光領域に対してマスクパターンを一括的に露光する。一方、スキャン露光では、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、オプティカルインテグレータ33の矩形状の入射面の短辺方向に光学的に対応する方向（スキャン方向）に沿って、マスクMおよびウェハWを投影光学系PLに対して相対移動させながらスキャン露光を行うことにより、ウェハWの各露光領域にはマスクMのパターンが逐次露光される。

【0061】第3実施形態では、オプティカルインテグレータ33が、上述の条件式（6）および（7）のうち少なくとも一方の条件式を満足するように構成されている。したがって、被照射面であるマスクM上に、ひいてはウェハW上に形成される照明領域（露光領域）において、照度が低下する周辺部分の幅を小さく抑え、そのほぼ全体に亘って均一な照度分布を得ることができる。また、オプティカルインテグレータ33が条件式（6'）および（7'）のうち少なくとも一方の条件式を満足するように構成すれば、照度が低下する周辺部分の幅をさらに小さく抑え、そのほぼ全体に亘ってさらに均一な照度分布を得ることができる。

【0062】ところで、第3実施形態においてスキャン露光を行う場合、スキャン方向（オプティカルインテグレータ33の矩形状の入射面の短辺方向に光学的に対応する方向）に沿った照度分布はスキャン露光の作用により平滑化されるので、2つの条件式（6）および（7）のうちオプティカルインテグレータ23の矩形状の入射面の長辺方向に沿った条件式（6）を満足することが好ましい。同様に、第3実施形態においてスキャン露光を行う場合、条件式（6'）を満足することがさらに好ましい。

【0063】ところで、第3実施形態のようにパルス発振光源を用いたスキャン露光の場合、オプティカルイン

テグレータ33における任意の2つの隣接する微小レンズの照明光間の位相差がパルスごとにランダムに変わることが望ましい。図10に示すように、入射光束の開口数をNA2とし、微小レンズのスキャン方向に沿ったサイズをd2とすると、入射面でのコヒーレンス領域は $\lambda/NA2$ であるため、 $d2/(\lambda/NA2)$ 個だけ異なる位相差の組で照明される。少なくともこの組が10個以上であること、すなわち次の条件式（8）を満足することが必要である。さらに、条件式（8）の下限値がパルス数（通常は30～50）以上であることがさらに望ましい。

$$10 < d2 / (\lambda / NA2) \quad (8)$$

【0064】なお、上述の各実施形態では、顕微鏡や露光装置の照明光学装置に本発明を適用しているが、これに限定されることなく、他の一般的な照明光学装置にも本発明を適用することができる。

【0065】また、上述の第2実施形態および第3実施形態では、コンデンサーレンズ25および35の後側焦点面に形成される照野において照度が低下している周辺部分からの光束を開口絞り24および34で遮ってもよいし遮らなくてもよい。周辺部分からの光束を遮る場合、本発明にしたがって照度が低下する周辺部分の幅が小さく抑えられているので、開口絞り24および34における光量損失を小さく抑えることができる。

【0066】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のオプティカルインテグレータでは、各微小レンズのサイズを小さくして波面分割数を大きく設定しても、形成される照野のほぼ全体に亘って均一な照度分布を得ることができる。したがって、本発明のオプティカルインテグレータを組み込んだ照明光学装置では、ほぼ全体に亘って均一な照度分布で被照射面を照明することができる。さらに、本発明の照明光学装置を組み込んだ露光装置では、ほぼ全体に亘って均一な照度分布でマスクを照明し、マスクの微細なパターンを良好に転写することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】オプティカルインテグレータにおいて各微小レンズの入射面および射出面がともに同じ大きさの正六角形状に形成されている様子を示す図である。

【図2】オプティカルインテグレータにおいて各微小レンズの入射面が矩形状に形成され且つその射出面が正六角形状に形成されている様子を示す図である。

【図3】オプティカルインテグレータにおいて各微小レンズの入射面および射出面がともに矩形状に形成されている様子を示す図である。

【図4】オプティカルインテグレータにおいて各微小レンズの各微小レンズの入射面および射出面がともに同じ大きさの矩形状に形成されている様子を示す図である。

【図5】本発明の第1実施形態にかかる照明光学装置の構成を概略的に示す図である。

【図6】図5の照明光学装置を備えた落射照明型の顕微鏡の構成を概略的に示す図である。

【図7】図5の照明光学装置を備えた透過照明型の顕微鏡の構成を概略的に示す図である。

【図8】本発明の第2実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

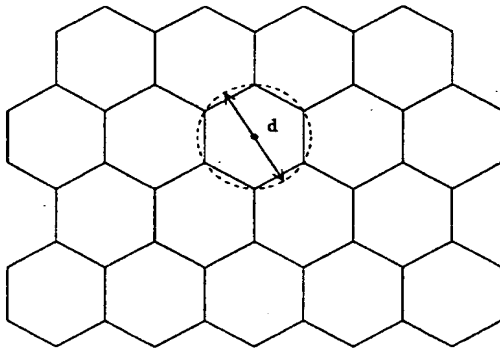
【図9】本発明の第3実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図10】オプティカルインテグレータにおける任意の2つの隣接する微小レンズへの入射光束の開口数および微小レンズのスキャン方向のサイズを示す図である。

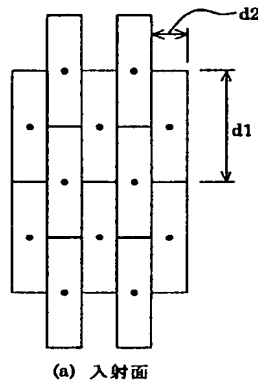
【符号の説明】

10, 20, 30 光源
12, 23, 33 オプティカルインテグレータ
13, 24, 34 開口絞り
14, 25, 35 コンデンサーレンズ
15, 26, 36 視野絞り
16, 27, 37 結像光学系
18, 28, 38 開口絞り
M マスク
PL 投影光学系
P プレート
W ウェハ

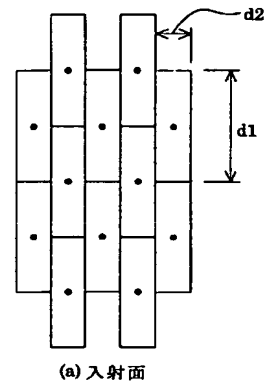
【図1】



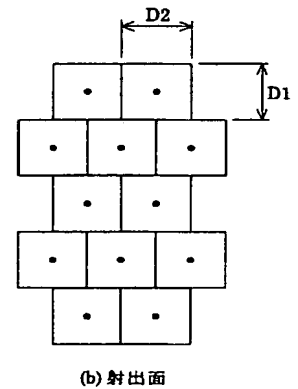
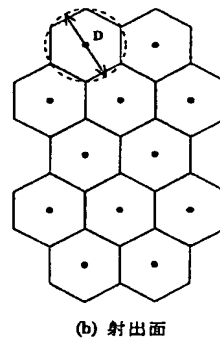
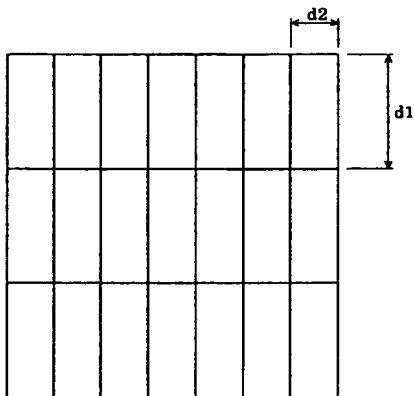
【図2】



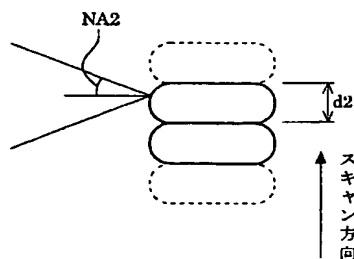
【図3】



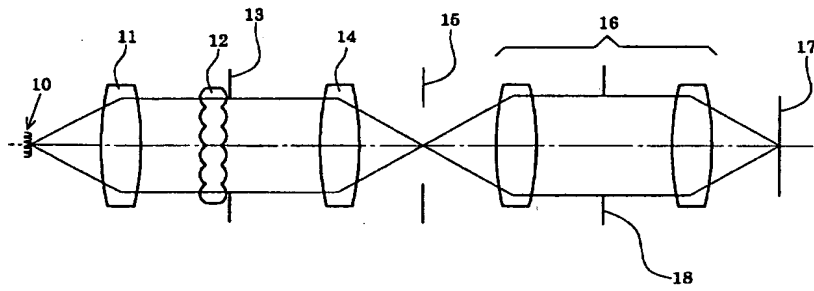
【図4】



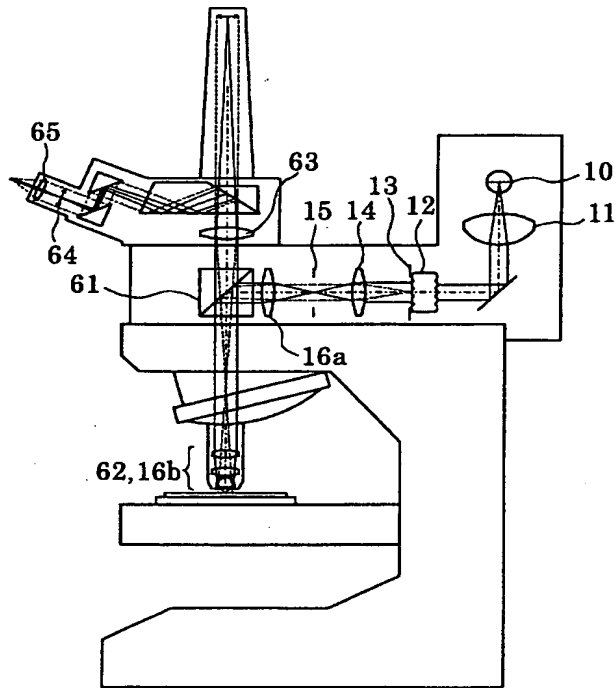
【図10】



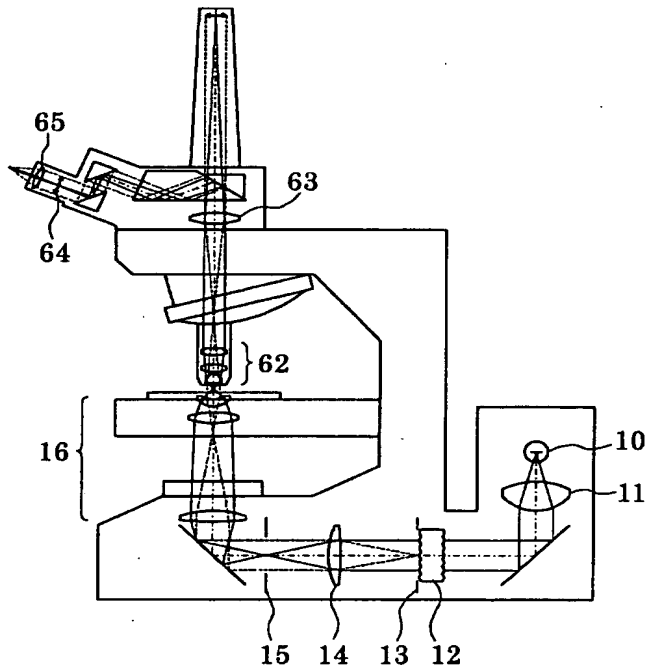
【図5】



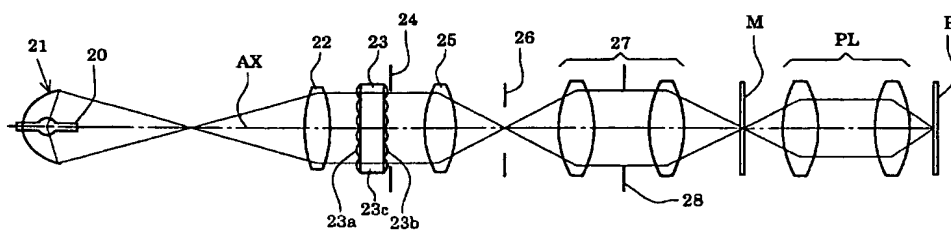
【図6】



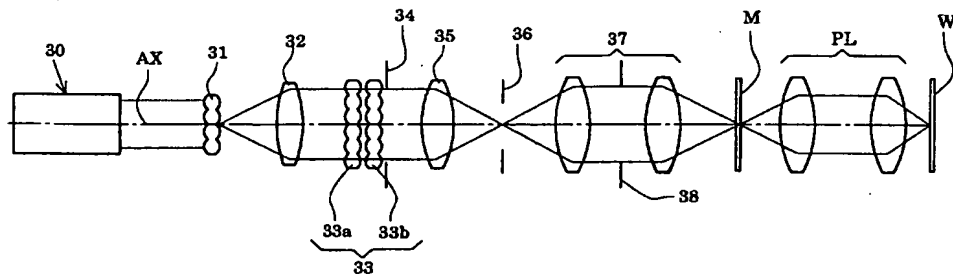
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H052 AC18 BA02 BA03 BA07 BA09
BA12
5F046 BA03 CA02 CB05 CB08 CB12
CB13 CB23

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-040327

(43)Date of publication of application : 06.02.2002

(51)Int.Cl.

G02B 19/00
G02B 3/00
G02B 21/08
G03F 7/20
H01L 21/027

(21)Application number : 2000-230349

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 31.07.2000

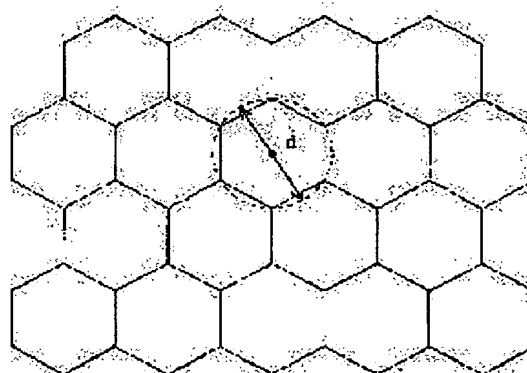
(72)Inventor : SHIBUYA MASATO
TANITSU OSAMU

(54) OPTICAL INTEGRATOR OF WAVEFRONT SPLITTING TYPE AND ILLUMINATING OPTICAL DEVICE PROVIDED WITH THE OPTICAL INTEGRATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical integrator of wavefront splitting type which enables to obtain a uniform illuminance distribution over almost the whole of illuminated field which is formed even when the sizes of respective micro lenses are made small and the number of wavefront splitting is set in large numbers.

SOLUTION: This optical integrator of wave front splitting type has a large number of micro lenses which are arranged two-dimensionally, wavefront-splits an incident luminous flux and forms a large number of light sources. Each micro lens has a regularly hexagonal incident face which inscribes with a circle of diameter d and a regularly hexagonal emission face which inscribes with the circle of diameter d and, when the focal distance of each micro lens is f and the wavelength of the incident luminous flux is λ , the condition of $(d/2)^2/(\lambda \cdot f) \geq 3.05$ is satisfied.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the optical integrator of the wavefront-splitting mold which has the microlens of a large number arranged two-dimensional, carries out wavefront splitting of the incoming beams, and forms much light sources each microlens Have rectangle-like plane of incidence and a rectangle-like injection side, and the focal distance of each microlens is set to f . Set the die length of one side of the plane of incidence of each microlens to d_1 , and the die length of the side of another side of the plane of incidence of each microlens is set to d_2 . When setting the die length of the side corresponding to one side of said plane of incidence to D_1 in the injection side of each microlens, setting the die length of the side corresponding to the side of another side of said plane of incidence to D_2 in the injection side of each microlens and setting wavelength of said incoming beams to λ , $(d_1/2)$ The optical integrator characterized by satisfying at least one side of the conditions of $/(\lambda - f) \geq 3.05 (d_2/2) (D_2/2) / (\lambda - f) \geq 3.05 (D_1/2)$.

[Claim 2] The die length d_1 of one side of said plane of incidence is an optical integrator according to claim 1 characterized by being more substantially [than the die length d_2 of the side of another side of said plane of incidence] large, and satisfying the conditions of $/(D (d_1/2) 1/2) (\lambda - f) \geq 3.05$.

[Claim 3] In the optical integrator of the wavefront-splitting mold which has the microlens of a large number arranged two-dimensional, carries out wavefront splitting of the incoming beams, and forms much light sources each microlens Have the injection side of the shape of rectangle-like plane of incidence and a circle configuration, or a forward hexagon, and the focal distance of each microlens is set to f . Set the die length of one side of the plane of incidence of each microlens to d_1 , and the die length of the side of another side of the plane of incidence of each microlens is set to d_2 . When setting to D the diameter of circle circumscribed to the diameter of the injection side of the circle configuration of each microlens, or a forward hexagon-like injection side and setting wavelength of said incoming beams to λ , $(d_1/2)$ The optical integrator characterized by satisfying at least one side of the conditions of $/(\lambda - f) \geq 3.05 (d_2/2) (D/2) / (\lambda - f) \geq 3.05 (D/2)$.

[Claim 4] The die length d_1 of one side of said plane of incidence is an optical integrator according to claim 3 characterized by being more substantially [than the die length d_2 of the side of another side of said plane of incidence] large, and satisfying the conditions of $/(D (d_1/2)/2) (\lambda - f) \geq 3.05$.

[Claim 5] In the optical integrator of the wavefront-splitting mold which has the microlens of a large number arranged two-dimensional, carries out wavefront splitting of the incoming beams, and forms much light sources each microlens The plane of incidence of the shape of a forward hexagon by which the circle configuration or diameter of d is inscribed in the circle of d by the diameter, And the optical integrator characterized by satisfying the conditions of $2(d_2/2)/(\lambda - f) \geq 3.05$ when a diameter has the forward hexagon-like injection side where the circle configuration or diameter of d is inscribed in the circle of d , sets the focal distance of each microlens to f and sets wavelength of said incoming beams to λ .

[Claim 6] Illumination-light study equipment characterized by equipping claim 1 for forming much light sources based on the flux of light from the light source means and said light source means for supplying

the flux of light thru/or any 1 term of 5 with the optical integrator of a publication, and the light guide optical system for leading the flux of light from the light source of said large number to said irradiated plane.

[Claim 7] The capacitor optical system for said light guide optical system condensing the flux of light from the light source of said large number, and forming a radiation field in superposition, It has the image formation optical system for forming the image of said radiation field in said irradiated plane based on the flux of light from said radiation field. Illumination-light study equipment according to claim 6 characterized by preparing the aperture diaphragm for interrupting the unnecessary flux of light in the formation location of the light source of said large number, and the location [**** / optical almost] into the optical path of said image formation optical system.

[Claim 8] In the illumination-light study equipment combined with the aligner equipped with the projection optics which forms the image of the pattern on the mask arranged at the irradiated plane on a photosensitive substrate While forming much light sources based on the flux of light from a light source means to supply the flux of light, and said light source means An a large number flux of light superposition means to form the radiation field which is a field on the predetermined side where it was superimposed on the flux of light from the light source of these large number, It is illumination-light study equipment which is equipped with the lighting image formation optical system which forms the image of said radiation field said mask top or near [said] the mask, and is characterized by said lighting image formation optical system having the pupil of said projection optics, and the aperture diaphragm arranged optically in the location [****].

[Claim 9] The aligner characterized by having illumination-light study equipment given in claim 6 thru/or any 1 term of 8, and the projection optics for carrying out projection exposure of the pattern of the mask set as said irradiated plane to up to a photosensitive substrate.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the suitable illumination-light study equipment for an aligner, a microscope, etc. for manufacturing especially a micro device at a lithography process about illumination-light study equipment equipped with the optical integrator and this optical integrator of a wavefront-splitting mold.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the typical aligner for manufacturing micro devices, such as a semiconductor device, an image sensor, a liquid crystal display component, and the thin film magnetic head, the flux of light injected from the light source carries out incidence to a micro fly eye, and forms the secondary light source which becomes an after that side focal plane from much light sources. After the flux of light from the secondary light source is restricted through the aperture diaphragm arranged near the backside [a micro fly eye] focal plane, incidence of it is carried out to a condenser lens.

[0003] The flux of light condensed by the condenser lens illuminates in superposition the mask with which the predetermined pattern was formed. Image formation of the light which penetrated the pattern of a mask is carried out on a photosensitive substrate through projection optics. In this way, on a photosensitive substrate, projection exposure (imprint) of the mask pattern is carried out. In addition, it is indispensable to integrate highly the pattern formed in a mask and to imprint this detailed pattern correctly on a photosensitive substrate to acquire uniform illumination distribution on a photosensitive substrate.

[0004] In addition, a micro fly eye is the optical integrator of the wavefront-splitting mold which consists of a microlens of a large number arranged densely and in all directions. Generally, a micro fly eye is constituted by performing etching processing to for example, an parallel flat-surface glass plate, and forming a microlens group. Here, each microlens which constitutes a micro fly eye is minuter than each lens element which constitutes a fly eye lens.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above, in the case of the aligner for imprinting a detailed pattern on a photosensitive substrate, it is indispensable to acquire uniform illumination distribution on a mask and a photosensitive substrate. Therefore, in order to reduce illuminance unevenness, to enlarge the number of the microlenses which constitute a micro fly eye, i.e., to enlarge the number of wavefront splitting, is desired.

[0006] Moreover, in manufacturing a micro fly eye by etching etc., it is difficult to etch a glass plate deeply, and easy to manufacture the way which makes size of each microlens small. However, when size of each microlens is only made small, there is un-arranging [that a surrounding illuminance falls in the plane of incidence and the radiation field optically formed in an irradiated plane / **** / by the diffraction limitation to the plane of incidence of each microlens].

[0007] This invention is made in view of the above-mentioned technical problem, and even if it makes size of each microlens small and sets up the number of wavefront splitting greatly, it aims at offering

illumination-light study equipment equipped with the optical integrator and this optical integrator of a wavefront-splitting mold of the radiation field formed which can cover the whole mostly and can acquire uniform illuminance distribution.

[0008]

[Means for Solving the Problem] In order to solve said technical problem, in the 1st invention of this invention In the optical integrator of the wavefront-splitting mold which has the microlens of a large number arranged two-dimensional, carries out wavefront splitting of the incoming beams, and forms much light sources each microlens Have rectangle-like plane of incidence and a rectangle-like injection side, and the focal distance of each microlens is set to f . Set the die length of one side of the plane of incidence of each microlens to d_1 , and the die length of the side of another side of the plane of incidence of each microlens is set to d_2 . When setting the die length of the side corresponding to one side of said plane of incidence to D_1 in the injection side of each microlens, setting the die length of the side corresponding to the side of another side of said plane of incidence to D_2 in the injection side of each microlens and setting wavelength of said incoming beams to λ , $(d_1/2)$ The optical integrator characterized by satisfying at least one side of the conditions of $/(\lambda - f) \geq 3.05 (d_2/2) (D_2/2) / (\lambda - f) \geq 3.05$ is offered $(D_1/2)$.

[0009] According to the desirable mode of the 1st invention, the die length d_1 of one side of said plane of incidence is more substantially [than the die length d_2 of the side of another side of said plane of incidence] large, and satisfies the conditions of $/(D (d_1/2) 1/2) (\lambda - f) \geq 3.05$.

[0010] In the optical integrator of the wavefront-splitting mold which has the microlens of a large number arranged two-dimensional in the 2nd invention of this invention, carries out wavefront splitting of the incoming beams, and forms much light sources Each microlens has the injection side of the shape of rectangle-like plane of incidence and a circle configuration, or a forward hexagon. Set the focal distance of each microlens to f , and the die length of one side of the plane of incidence of each microlens is set to d_1 . When setting the die length of the side of another side of the plane of incidence of each microlens to d_2 , setting to D the diameter of circle circumscribed to the diameter of the injection side of the circle configuration of each microlens, or a forward hexagon-like injection side and setting wavelength of said incoming beams to λ , $(d_1/2)$ The optical integrator characterized by satisfying at least one side of the conditions of $/(\lambda - f) \geq 3.05 (d_2/2) (D/2) / (\lambda - f) \geq 3.05$ is offered $(D/2)$.

[0011] According to the desirable mode of the 2nd invention, the die length d_1 of one side of said plane of incidence is more substantially [than the die length d_2 of the side of another side of said plane of incidence] large, and satisfies the conditions of $/(D (d_1/2)/2) (\lambda - f) \geq 3.05$.

[0012] In the optical integrator of the wavefront-splitting mold which has the microlens of a large number arranged two-dimensional in the 3rd invention of this invention, carries out wavefront splitting of the incoming beams, and forms much light sources The plane of incidence of the shape of a forward hexagon by which, as for each microlens, the circle configuration or diameter of d is inscribed in the circle of d by the diameter, And when a diameter has the forward hexagon-like injection side where the circle configuration or diameter of d is inscribed in the circle of d , sets the focal distance of each microlens to f and sets wavelength of said incoming beams to λ , $(d/2)$ The optical integrator characterized by satisfying the conditions of $2/(\lambda - f) \geq 3.05$ is offered.

[0013] In the 4th invention of this invention, the illumination-light study equipment characterized by having the optical integrator of the 1st invention for forming much light sources based on the flux of light from the light source means and said light source means for supplying the flux of light - the 3rd invention and the light guide optical system for leading the flux of light from the light source of said large number to said irradiated plane is offered.

[0014] According to the desirable mode of the 4th invention, said light guide optical system The capacitor optical system for condensing the flux of light from the light source of said large number, and forming a radiation field in superposition, It has the image formation optical system for forming the image of said radiation field in said irradiated plane based on the flux of light from said radiation field, and the aperture diaphragm for interrupting the unnecessary flux of light is prepared in the formation

location of the light source of said large number, and the location [**** / optical almost] into the optical path of said image formation optical system.

[0015] In the illumination-light study equipment combined with the aligner equipped with the projection optics which forms the image of the pattern on the mask arranged at the irradiated plane on a photosensitive substrate in the 5th invention of this invention While forming much light sources based on the flux of light from a light source means to supply the flux of light, and said light source means An a large number flux of light superposition means to form the radiation field which is a field on the predetermined side where it was superimposed on the flux of light from the light source of these large number, Having the lighting image formation optical system which forms the image of said radiation field said mask top or near [said] the mask, said lighting image formation optical system offers the illumination-light study equipment characterized by having the pupil of said projection optics, and the aperture diaphragm arranged optically in the location [****].

[0016] In the 6th invention of this invention, the aligner characterized by having the illumination-light study equipment of the 4th invention or the 5th invention and the projection optics for carrying out projection exposure of the pattern of the mask set as said irradiated plane to up to a photosensitive substrate is offered.

[0017]

[Embodiment of the Invention] First, as shown in drawing 1 , the case where both the plane of incidence and injection sides of each microlens that constitute an optical integrator are formed in the shape of [of the same magnitude] a forward hexagon is considered. In this case, in plane of incidence and the radiation field optically formed in an irradiated plane [****], a surrounding illuminance falls by the diffraction limitation to the plane of incidence of each microlens. When set to d the diameter of circle circumscribed to forward hexagon-like plane of incidence and a injection side, numerical aperture of each microlens is set to NA , the focal distance of each microlens is set to f and wavelength of incoming beams is set to λ , the width of face b of the circumference part on the plane of incidence which contributes to the fall of the illuminance resulting from a diffraction limitation is expressed with the following formula (a).

$$b = 0.61 \cdot \lambda / \{ (d/2) / f \} \quad (a)$$

[0018] In order [of the radiation field formed in an irradiated plane] to cover the whole mostly and to acquire uniform illumination distribution, it is desirable for the above-mentioned width of face b to be smaller than $1/10$ of the sizes d of plane of incidence, i.e., for the following conditional expression (b) to be satisfied.

$$0.61 \cdot \lambda / \{ (d/2) / f \} \leq d/10 \quad (b)$$

Deformation of conditional expression (b) obtains the relation shown in the following conditional expression (1).

$$(d/2) \cdot 2 / (\lambda \cdot f) \geq 3.05 \quad (1)$$

[0019] Moreover, in order [of a radiation field] to cover the whole mostly and to acquire still more uniform illumination distribution, it is still more desirable for the above-mentioned width of face b to be smaller than $1/100$ of the sizes d of plane of incidence, i.e., for the following conditional expression (c) to be satisfied.

$$0.61 \cdot \lambda / \{ (d/2) / f \} \leq d/100 \quad (c)$$

Deformation of conditional expression (c) obtains the relation shown in the following conditional expression (1').

$$(d/2) \cdot 2 / (\lambda \cdot f) \geq 30.5 \quad (1')$$

As mentioned above, although the case of the shape of a forward hexagon of the magnitude with both the same plane of incidence and injection sides of an optical integrator was explained, the same is said of the case of the circle configuration of the magnitude with both the same plane of incidence and injection sides.

[0020] Next, as shown in drawing 2 , the case where the plane of incidence of each microlens which constitutes an optical integrator is formed in the shape of a rectangle, and the injection side is formed in the shape of a forward hexagon is considered. In this case, set the die length of the long side of

rectangle-like plane of incidence to d_1 , and the die length of the shorter side of rectangle-like plane of incidence is set to d_2 . When set to D the diameter of circle circumscribed to a forward hexagon-like injection side, numerical aperture of each microlens is set to NA , the focal distance of each microlens is set to f and wavelength of incoming beams is set to λ , the width of face b of the circumference part on the plane of incidence which contributes to the fall of the illuminance resulting from a diffraction limitation is expressed with the following formula (d).

$$b = 0.61 \lambda / \{(D/2) / f\} \quad (d)$$

[0021] In order [of the radiation field formed in an irradiated plane] to cover the whole mostly and to acquire uniform illumination distribution, it is desirable to satisfy that the above-mentioned width of face b is smaller than $1/10$ of the sizes d_1 of the direction of a long side of plane of incidence, or smaller than $1/10$ of the sizes d_2 of the direction of a shorter side (e), i.e., the following conditional expression, or (f).

$$0.61 \lambda / \{(D/2) / f\} \leq d_1 / 10 \quad (e)$$

$$0.61 \lambda / \{(D/2) / f\} \leq d_2 / 10 \quad (f)$$

[0022] Deformation of conditional expression (e) and (f) obtains the relation shown in the following conditional expression (2) and (3).

$$(d_1/2) / (\lambda - f) \geq 3.05 (D/2) \quad (2)$$

$$(d_2/2) / (\lambda - f) \geq 3.05 (D/2) \quad (3)$$

[0023] Moreover, in order [of a radiation field] to cover the whole mostly and to acquire still more uniform illumination distribution, it is still more desirable to satisfy that the above-mentioned width of face b is smaller than $1/100$ of the sizes d_1 of the direction of a long side of plane of incidence, or smaller than $1/100$ of the sizes d_2 of the direction of a shorter side (g), i.e., the following conditional expression, or (h).

$$0.61 \lambda / \{(D/2) / f\} \leq d_1 / 100 \quad (g)$$

$$0.61 \lambda / \{(D/2) / f\} \leq d_2 / 100 \quad (h)$$

[0024] Deformation of conditional expression (g) and (h) obtains following conditional expression (2') and (3') the shown relation.

$$(d_1/2) / (\lambda - f) \geq 30.5 (D/2) \quad (2')$$

$$(d_2/2) / (\lambda - f) \geq 30.5 (D/2) \quad (3')$$

[0025] In addition, when a injection side is a perfect forward hexagon, the ratio of the die length d_1 of the long side of rectangle-like plane of incidence and the die length d_2 of a shorter side needs to fill the relation shown in the following formula (i).

$$d_1 : d_2 = 3 : \sqrt{3} \quad \text{or} \quad -- \quad 1.5 : \sqrt{3} \quad (i)$$

Here, $\sqrt{3}$ expresses the square root of 3. By the way, it is necessary to set the configuration of the plane of incidence of an optical integrator as the configuration of a lighting field (radiation field) and similarity which should be formed on an irradiated plane. Therefore, in fact, plane of incidence will be set up in the shape of [necessary] a rectangle, and the configuration of a injection side will be set up in the shape of [near a forward hexagon] a hexagon according to the configuration of the plane of incidence. As mentioned above, although the case where the injection side of an optical integrator was a forward hexagon-like was explained, it is also the same as when a injection side is a circle configuration. In addition, it is desirable that they are a light source configuration and a similar configuration, and when it is a source of a lamp light, the shape of an approximate circle configuration or a forward hexagon is effective [the injection side of an optical integrator].

[0026] Next, as shown in drawing 3, the case where both the plane of incidence and injection sides of each microlens that constitute an optical integrator are formed in the shape of a rectangle is considered. In this case, set the die length of the long side of rectangle-like plane of incidence to d_1 , and the die length of the shorter side of rectangle-like plane of incidence is set to d_2 . Die length which met in the direction corresponding to the direction of a long side of plane of incidence in the rectangle-like injection side is set to D_1 . When set to D_2 die length which met in the direction corresponding to the direction of a shorter side of plane of incidence in the rectangle-like injection side, numerical aperture of each microlens is set to NA , the focal distance of each microlens is set to f and wavelength of incoming

beams is set to λ , The width of face b2 which met in the width of face b1 and the direction of a shorter side which met in the direction of a long side of the circumference part on the plane of incidence which contributes to the fall of the illuminance resulting from a diffraction limitation is expressed with the following formula (j) and (k).

$$b1 = 0.61 \lambda / \{(D1/2) / f\} \quad (j)$$

$$b2 = 0.61 \lambda / \{(D2/2) / f\} \quad (k)$$

[0027] In order [of the radiation field formed in an irradiated plane] to cover the whole mostly and to acquire uniform illumination distribution, it is desirable to satisfy that the above-mentioned width of face b1 is smaller than 1/10 of the sizes d1 of the direction of a long side of plane of incidence, or the above-mentioned width of face b2 is smaller than 1/10 of the sizes d2 of the direction of a shorter side of plane of incidence (m), i.e., the following conditional expression, or (n).

$$0.61 \lambda / \{(D1/2) / f\} \leq d1/10 \quad (m)$$

$$0.61 \lambda / \{(D2/2) / f\} \leq d2/10 \quad (n)$$

[0028] Deformation of conditional expression (m) and (n) obtains the relation shown in the following conditional expression (4) and (5).

$$(d1/2) / (\lambda - f) \geq 3.05 \quad (D1/2) \quad (4)$$

$$(d2/2) / (\lambda - f) \geq 3.05 \quad (D2/2) \quad (5)$$

[0029] Moreover, in order [of a radiation field] to cover the whole mostly and to acquire still more uniform illumination distribution, it is still more desirable to satisfy that the above-mentioned width of face b1 is smaller than 1/100 of the sizes d1 of the direction of a long side of plane of incidence, or the above-mentioned width of face b2 is smaller than 1/100 of the sizes d2 of the direction of a shorter side of plane of incidence (p), i.e., the following conditional expression, or (q).

$$0.61 \lambda / \{(D1/2) / f\} \leq d1/100 \quad (p)$$

$$0.61 \lambda / \{(D2/2) / f\} \leq d2/100 \quad (q)$$

[0030] Deformation of conditional expression (p) and (q) obtains following conditional expression (4') and (5') the shown relation.

$$(d1/2) / (\lambda - f) \geq 30.5 \quad (D1/2) \quad (4')$$

$$(d2/2) / (\lambda - f) \geq 30.5 \quad (D2/2) \quad (5')$$

[0031] Finally, as shown in drawing 4, the case where both the plane of incidence and injection sides of each microlens of each microlens that constitute an optical integrator are formed in the shape of [of the same magnitude] a rectangle is considered. In this case, set the die length of the long side of rectangle-like plane of incidence and a injection side to d1, and the die length of the shorter side of rectangle-like plane of incidence and a injection side is set to d2. When setting numerical aperture of each microlens to NA, setting the focal distance of each microlens to f and setting wavelength of incoming beams to λ , the width of face b which met in the direction of a long side of the circumference part on the plane of incidence which contributes to the fall of the illuminance resulting from a diffraction limitation is expressed with the following formula (r).

$$b = 0.61 \lambda / \{(d1/2) / f\} \quad (r)$$

[0032] In order [of the radiation field formed in an irradiated plane] to cover the whole mostly and to acquire uniform illumination distribution, it is desirable to satisfy that the above-mentioned width of face b is smaller than 1/10 of the sizes d1 of the direction of a long side of plane of incidence, or smaller than 1/10 of the sizes d2 of the direction of a shorter side (s), i.e., the following conditional expression, or (t).

$$0.61 \lambda / \{(d1/2) / f\} \leq d1/10 \quad (s)$$

$$0.61 \lambda / \{(d2/2) / f\} \leq d2/10 \quad (t)$$

[0033] Deformation of conditional expression (s) and (t) obtains the relation shown in the following conditional expression (6) and (7).

$$(d1/2)^2 / (\lambda - f) \geq 3.05 \quad (6)$$

$$(d2/2)^2 / (\lambda - f) \geq 3.05 \quad (7)$$

[0034] Moreover, in order [of a radiation field] to cover the whole mostly and to acquire still more uniform illumination distribution, it is still more desirable to satisfy that the above-mentioned width of

face b is smaller than $1/100$ of the sizes d_1 of the direction of a long side of plane of incidence, or smaller than $1/100$ of the sizes d_2 of the direction of a shorter side (u), i.e., the following conditional expression, or (v).

$$0.61 \text{ and } \lambda / \{(d_1/2) / f\} \leq d_1/100 \text{ (u)}$$

$$0.61 \text{ and } \lambda / \{(d_2/2) / f\} \leq d_2/100 \text{ (v)}$$

[0035] Deformation of conditional expression (u) and (v) obtains following conditional expression (6') and (7') the shown relation.

$$(d_1/2) \cdot 2/(\lambda - f) \geq 30.5 \text{ (6')}$$

$$(d_2/2) \cdot 2/(\lambda - f) \geq 30.5 \text{ (7')}$$

[0036] The operation gestalt of this invention is explained based on an accompanying drawing. Drawing 5 is drawing showing roughly the configuration of the illumination-light study equipment concerning the 1st operation gestalt of this invention. Drawing 6 is drawing showing roughly the configuration of the microscope of the epi-illumination mold equipped with the illumination-light study equipment of drawing 5. Drawing 7 is drawing showing roughly the configuration of the microscope of the transmitted illumination mold equipped with the illumination-light study equipment of drawing 5. With the 1st operation gestalt, this invention is applied to the illumination-light study equipment of a microscope.

[0037] If drawing 5 is referred to, the illumination-light study equipment of the 1st operation gestalt is equipped with the halogen lamp 10 as the light source for supplying the illumination light. The flux of light from a halogen lamp 10 turns into the parallel flux of light mostly through a collimate lens 11, and carries out incidence to the micro fly eye 12 as an optical integrator of a wavefront-splitting mold. As the micro fly eye 12 is shown in drawing 1 and drawing 5, it is the optical element which consists of a microlens which has the forward refractive power of a large number arranged densely in all directions, and both the plane of incidence and injection sides of each microlens are formed in the shape of [of the same magnitude] a forward hexagon (size d). The micro fly eye 12 is constituted by performing etching processing to for example, an parallel flat-surface glass plate, and forming a microlens group.

[0038] Therefore, the flux of light which carried out incidence to the micro fly eye 12 is divided by many microlenses two-dimensional, and the substantial surface light source (henceforth the "secondary light source") which consists of much light sources is formed in an after that side focal plane. It is condensed through a condenser lens 14 and the flux of light from the secondary light source formed in the backside [the micro fly eye 12] focal plane forms a radiation field in an after that side focal plane, after being restricted by the aperture diaphragm 13 arranged in the near. The field diaphragm 15 is arranged in the formation location (namely, backside [a condenser lens 14] focal plane) of this radiation field. Thus, a collimate lens 11, the micro fly eye 12, and a condenser lens 14 constitute an a large number flux of light superposition means to form the radiation field which is a field on the predetermined side where it was superimposed on the flux of light from the light source of these large number while forming much light sources based on the flux of light from the light source 10.

[0039] The flux of light from the radiation field which passed the field diaphragm 15 illuminates the body side (sample side) 17 which should be observed through the image formation optical system 16. Here, the field diaphragm 15 and the body side 17 as an irradiated plane are optically arranged through the image formation optical system 16 conjugate. Therefore, on the body side 17, the lighting field as an image (namely, image of a radiation field) of opening of a field diaphragm 15 is formed. In addition, the aperture diaphragm 18 for interrupting the unnecessary light used as causes, such as a flare, near the pupil surface of the image formation optical system 16 is arranged. Although the fundamental engine performance of illumination-light study equipment will be satisfied here if either of the aperture diaphragms 13 and 18 is arranged, for suppressing generating of a flare etc. good, it is desirable to arrange both aperture diaphragms 13 and 18. Moreover, as for aperture diaphragms 13 and 18, it is desirable to have adjustable opening.

[0040] If drawing 6 is referred to, under the microscope of the epi-illumination mold with which the illumination-light study equipment of the 1st operation gestalt was incorporated, the flux of light from the radiation field formed in the location of a field diaphragm 15 will carry out incidence to a beam

splitter 61 through front lens group 16a of the image formation optical system 16. The flux of light reflected by the beam splitter 61 carries out epi-illumination of the body side through back lens group 16b of the image formation optical system 16. Incidence of the reflected light from a body side is carried out to a beam splitter 61 through the 1st objective lens 62 (namely, back lens group 16b of the image formation optical system 16). The light which penetrated the beam splitter 61 forms the observation body image 64 through the 2nd objective lens 63. Expansion observation of this observation body image 64 is carried out through an ocular 65.

[0041] On the other hand, if drawing 7 is referred to, under the microscope of the transmitted illumination mold with which the illumination-light study equipment of the 1st operation gestalt was incorporated, the flux of light from the radiation field formed in the location of a field diaphragm 15 will illuminate a body side from a lower part through the image formation optical system 16. The light which penetrated the body side forms the observation body image 64 through the 1st objective lens 62 and the 2nd objective lens 63. Expansion observation of this observation body image 64 is carried out through an ocular 65. In addition, illustration of an aperture diaphragm 18 is omitted in drawing 6 and drawing 7.

[0042] The micro fly eye 12 consists of 1st operation gestalten so that above-mentioned conditional expression (1) may be satisfied. therefore, the width of face of the circumference part to which an illuminance falls [in / as a result / the radiation field formed in the location of a field diaphragm 15] in the lighting field (radiation field) formed in the body side 17 which is an irradiated plane -- small -- stopping -- the -- the whole can be covered mostly and uniform illumination distribution can be acquired. moreover, the width of face of the circumference part to which an illuminance will fall if it constitutes so that the micro fly eye 12 may satisfy conditional expression (1') -- further -- small -- stopping -- the -- the whole can be covered mostly and still more uniform illumination distribution can be acquired.

[0043] Drawing 8 is drawing showing roughly the configuration of the aligner equipped with the illumination-light study equipment concerning the 2nd operation gestalt of this invention. With the 2nd operation gestalt, this invention is applied to the aligner for manufacturing a liquid crystal display component, using an extra-high pressure mercury lamp as the light source. If drawing 8 is referred to, the equipment of the 2nd operation gestalt is equipped with the light source 20 which consists of an extra-high pressure mercury lamp which supplies the light containing the bright line of i line. The light source 20 is positioned in the 1st focal location of the ellipse mirror 21 which has an ellipse reflector symmetrical with rotation about an optical axis AX. Therefore, the illumination-light bundle injected from the light source 20 forms a light source image in the 2nd focal location of the ellipse mirror 21.

[0044] After the emission flux of light from the light source image formed in the 2nd focal location of the ellipse mirror 2 is mostly changed into the parallel flux of light by the collimate lens 22, incidence of it is carried out to the optical integrator 23 of a wavefront-splitting mold through a wavelength selection filter (un-illustrating). With a wavelength selection filter, only the light (365nm) of i line is chosen as an exposure light. In addition, with a wavelength selection filter, the light of the light of g line (436nm), h line (405nm), and i line can also be chosen as coincidence, for example, the light of g line and the light of h line can also be chosen as coincidence, and the light of h line and the light of i line can also be chosen as coincidence.

[0045] As shown in drawing 8, plane-parallel-plate 23c which has predetermined thickness is made to intervene between 1st microlens group 23a by the side of incidence, and 2nd microlens group 23b by the side of injection, and these consist of optical integrators 23 in one. Here, 1st microlens group 23a by the side of incidence consists of a microlens which has the forward refractive power of the shape of a rectangle of a large number arranged densely in all directions (d1xd2), as shown in drawing 2 (a). Moreover, 2nd microlens group 23b by the side of injection consists of a microlens which has the forward refractive power of the shape of a forward hexagon of a large number arranged densely in all directions (size D), as shown in drawing 2 (b). And 1st microlens group 23a by the side of incidence and 2nd microlens group 23b by the side of injection are formed by the mold method so that the corresponding optical axis of each microlens may be strictly in agreement.

[0046] In this case, the microlens which constitutes the optical integrator 23 consists of the 2nd one microlens corresponding to the 1st microlens concerned among the 1st one microlens in 1st microlens group 23a by the side of incidence, and 2nd microlens group 23b by the side of injection. And the focal distance of the microlens which constitutes the optical integrator 23 is a synthetic focal distance of the 1st above-mentioned microlens and the 2nd microlens. In addition, plane-parallel-plate 23c which has predetermined thickness can be made to be able to intervene between 1st microlens group 23a by the side of incidence, and 2nd microlens group 23b by the side of injection, and these can also be joined with adhesives etc. About the still more detailed configuration of the optical integrator 23, the indications (for example, drawing 6 , drawing 7 , etc.) of JP,8-31736,A can be referred to.

[0047] In this way, the secondary light source which consists of much light sources is formed in a backside [the optical integrator 23] focal plane. After the flux of light from the secondary light source is restricted by the aperture diaphragm 24 arranged near the backside [the optical integrator 23] focal plane, incidence of it is carried out to a condenser lens 25. In addition, an aperture diaphragm 24 is optically arranged with the entrance pupil side of the projection optics PL mentioned later in a location [****] (location of a lighting pupil), and has opening for specifying the range of the secondary light source which contributes to lighting. Moreover, the aperture diaphragm 24 is arranged in the before [a condenser lens 25] side focal plane.

[0048] Therefore, the flux of light condensed through the condenser lens 25 illuminates in superposition the lighting field diaphragm 26 for specifying the lighting field (lighting visual field) of the mask M mentioned later. The flux of light which passed opening of the shape of a rectangle of the lighting field diaphragm 26 illuminates in superposition the mask M with which the predetermined imprint pattern was formed through the image formation optical system 27. In this way, on Mask M, the lighting field of the shape of a rectangle [**** / the image of opening of the lighting field diaphragm 26, i.e., the cross-section configuration of the 1st microlens of the optical integrator 23,] is formed. In addition, the aperture diaphragm 28 for interrupting the unnecessary light used as causes, such as a flare, near the pupil surface (it being [the entrance pupil side of projection optics PL and] a location [****] optically) of the image formation optical system 27 is arranged.

[0049] Mask M is held on the movable mask stage (un-illustrating) two-dimensional along the mask side. The position coordinate of a mask stage is constituted so that it may be measured by the interferometer (un-illustrating) and position control may be carried out. The flux of light which penetrated the pattern of Mask M forms the image of a mask pattern through projection optics PL on the plate P which is a photosensitive substrate. Plate P is held on the movable plate stage (un-illustrating) two-dimensional along the plate side. The position coordinate of a plate stage is constituted so that it may be measured by the interferometer (un-illustrating) and position control may be carried out.

[0050] In this way, the pattern of Mask M is serially exposed by each exposure field of Plate P by performing one-shot exposure or scanning exposure, carrying out drive control of the plate P two-dimensional into the flat surface which intersects perpendicularly with the optical axis of projection optics PL. In one-shot exposure, a mask pattern is exposed in package to each exposure field of Plate P according to the so-called step-and-repeat method. On the other hand by scanning exposure, so-called step - and - scanning method are followed. It meets in the direction (the scanning direction) which corresponds in the direction of a shorter side of the plane of incidence of the shape of a rectangle of the optical integrator 23 (namely, the direction of a shorter side of the lighting field of the shape of a rectangle formed on Mask M) optically. By performing scanning exposure, the pattern of Mask M is serially exposed by each exposure field of Plate P, making Mask M and Plate P displaced relatively to projection optics PL.

[0051] The optical integrator 23 consists of 2nd operation gestalten so that one [at least] conditional expression may be satisfied above-mentioned conditional expression (2) and among (3). therefore, the mask M top which is an irradiated plane -- as a result, the width of face of the circumference part to which an illuminance falls in the lighting field (exposure field) formed on Plate P -- small -- stopping -- the -- the whole can be covered mostly and uniform illumination distribution can be acquired. moreover, the optical integrator 23 -- conditional expression (2') -- and (3') the width of face of the circumference

part to which an illuminance will fall if it constitutes so that one [at least] conditional expression may be satisfied inside -- further -- small -- stopping -- the -- the whole can be covered mostly and still more uniform illumination distribution can be acquired.

[0052] By the way, when performing scanning exposure in the 2nd operation gestalt, since the illumination distribution which met in the scanning direction (direction which corresponds in the direction of a shorter side of the plane of incidence of the shape of a rectangle of the optical integrator 23 optically) is graduated according to an operation of scanning exposure, it is desirable [illumination distribution] to satisfy the conditional expression (2) which met in the direction of a long side of the plane of incidence of the shape of a rectangle of the optical integrator 23 two conditional expression (2) and among (3). Similarly, when performing scanning exposure in the 2nd operation gestalt, it is still more desirable to satisfy conditional expression (2').

[0053] In addition, with the 2nd operation gestalt, 1st microlens group 23a by the side of incidence consists of a microlens of the shape of much rectangle, and 2nd microlens group 23b by the side of injection consists of microlenses of the shape of much forward hexagon. However, as shown in drawing 3, while constituting 1st microlens group 23a by the side of incidence from a microlens of the shape of much rectangle ($d1 \times d2$), the modification which constitutes 2nd microlens group 23b by the side of injection from a microlens of the shape of much rectangle ($D1 \times D2$) is also possible. above-mentioned conditional expression (4') with desirable in the case of this modification satisfying one [at least] conditional expression above-mentioned conditional expression (4) and among (5) -- as for and (5'), it is still more desirable to satisfy one [at least] conditional expression inside. And when performing scanning exposure in a modification, it is desirable to satisfy the conditional expression (4) which met in the direction of a long side of rectangle-like plane of incidence, and it is still more desirable to satisfy conditional expression (4').

[0054] Drawing 9 is drawing showing roughly the configuration of the aligner equipped with the illumination-light study equipment concerning the 3rd operation gestalt of this invention. With the 3rd operation gestalt, this invention is applied to the aligner for manufacturing a semiconductor device using an excimer laser. If drawing 9 is referred to, the equipment of the 3rd operation gestalt is equipped with the excimer laser which supplies wavelength (248nm (KrF) or 193nm (ArF)) of light as the light source 30 for supplying exposure light (illumination light). Mostly, after being orthopedically operated by the flux of light which was injected from the light source 30 and which has the cross section of the shape of a predetermined rectangle through a beam expander (un-illustrating), incidence of the parallel flux of light is carried out to the micro fly eye 31.

[0055] The micro fly eye 31 consists of square-like microlenses which have the forward refractive power of a large number arranged densely in all directions. In this way, much light sources are formed in a backside [the micro fly eye 31] focal plane. Incidence of the flux of light from the light source of a large number formed in the backside [the micro fly eye 31] focal plane is carried out to the optical integrator 33 of a wavefront-splitting mold through the 1st condenser lens 32. The optical integrator 33 consists of 1st micro fly eye 33a arranged at the incidence side, and 2nd micro fly eye 33b arranged at the injection side, as shown in drawing 9.

[0056] Here, 1st micro fly eye 33a by the side of incidence and 2nd micro fly eye 33b by the side of injection consist of a microlens which has the forward refractive power of the shape of a rectangle of a large number arranged densely in all directions, as shown in drawing 4. And it is formed in the shape of [of the magnitude with same 1st microlens which constitutes 1st micro fly eye 33a by the side of incidence and 2nd microlens which constitutes 2nd micro fly eye 33b by the side of injection] a rectangle ($d1 \times d2$). Furthermore, alignment of 1st micro fly eye 33a and the 2nd micro fly eye 33b is carried out so that the optical axis of each 1st microlens and the corresponding optical axis of each 2nd microlens may be strictly in agreement.

[0057] In this case, the microlens which constitutes the optical integrator 33 consists of the 1st microlens which constitutes 1st micro fly eye 33a by the side of incidence, and the 2nd microlens which constitutes 2nd micro fly eye 33b by the side of injection. And the focal distance of the microlens which constitutes the optical integrator 33 is a synthetic focal distance of the 1st above-mentioned microlens

and the 2nd microlens. In addition, it is desirable to arrange cover glass to an incidence [of the optical integrator 33] and injection side. Moreover, you may constitute so that the radius of curvature of the 1st microlens which constitutes 1st micro fly eye 33a, and the 2nd microlens which constitutes 2nd micro fly eye 33b may be changed a little, and a before [the microlens which constitutes the optical integrator 33] side focal location may be made in agreement with the plane of incidence of 1st micro fly eye 33a and it may become the injection side space of 2nd micro fly eye 33b about a backside focal location. In this case, there is an advantage in a quantity of light-viewpoint and the viewpoint of laser-proof nature. [0058] In this way, the secondary light source which consists of much light sources is formed in a backside [the optical integrator 33] focal plane. After the flux of light from the secondary light source is restricted by the aperture diaphragm 34 arranged near the backside [the optical integrator 33] focal plane, incidence of it is carried out to the 2nd condenser lens 35. The flux of light condensed through the 2nd condenser lens 35 passes opening of the shape of a rectangle of the lighting field diaphragm 36, and illuminates Mask M in superposition through the image formation optical system 37. In this way, on Mask M, the lighting field of the shape of a rectangle [**** / the cross-section configuration of each microlens of the optical integrator 33] is formed. The aperture diaphragm 38 for interrupting the unnecessary light used as causes, such as a flare, near the pupil surface of the image formation optical system 37 is arranged.

[0059] Mask M is held on the movable mask stage (un-illustrating) two-dimensional along the mask side. The position coordinate of a mask stage is constituted so that it may be measured by the interferometer (un-illustrating) and position control may be carried out. The flux of light which penetrated the pattern of Mask M forms the image of a mask pattern through projection optics PL on the wafer W which is a photosensitive substrate. Wafer W is held on the movable wafer stage (un-illustrating) two-dimensional along the wafer side. The position coordinate of a wafer stage is constituted so that it may be measured by the interferometer (un-illustrating) and position control may be carried out.

[0060] In this way, the pattern of Mask M is serially exposed by each exposure field of Wafer W by performing one-shot exposure or scanning exposure, carrying out drive control of the wafer W two-dimensional into the flat surface which intersects perpendicularly with the optical axis of projection optics PL. In one-shot exposure, a mask pattern is exposed in package to each exposure field of Wafer W according to the so-called step-and-repeat method. On the other hand, in scanning exposure, the pattern of Mask M is serially exposed by each exposure field of Wafer W by performing scanning exposure along the direction (the scanning direction) which corresponds in the direction of a shorter side of the plane of incidence of the shape of a rectangle of the optical integrator 33 optically according to so-called step - and - scanning method, making Mask M and Wafer W displaced relatively to projection optics PL.

[0061] The optical integrator 33 consists of 3rd operation gestalten so that one [at least] conditional expression may be satisfied above-mentioned conditional expression (6) and among (7). therefore, the mask M top which is an irradiated plane -- as a result, the width of face of the circumference part to which an illuminance falls in the lighting field (exposure field) formed on Wafer W -- small -- stopping - - the -- the whole can be covered mostly and uniform illumination distribution can be acquired. moreover, the optical integrator 33 -- conditional expression (6') -- and (7') the width of face of the circumference part to which an illuminance will fall if it constitutes so that one [at least] conditional expression may be satisfied inside -- further -- small -- stopping -- the -- the whole can be covered mostly and still more uniform illumination distribution can be acquired.

[0062] By the way, when performing scanning exposure in the 3rd operation gestalt, since the illumination distribution which met in the scanning direction (direction which corresponds in the direction of a shorter side of the plane of incidence of the shape of a rectangle of the optical integrator 33 optically) is graduated according to an operation of scanning exposure, it is desirable [illumination distribution] to satisfy the conditional expression (6) which met in the direction of a long side of the plane of incidence of the shape of a rectangle of the optical integrator 23 two conditional expression (6) and among (7). Similarly, when performing scanning exposure in the 3rd operation gestalt, it is still

more desirable to satisfy conditional expression (6').

[0063] By the way, in the scanning exposure using the pulse oscillation light source, it is desirable like the 3rd operation gestalt for the phase contrast between the illumination light of two adjoining microlenses of the arbitration in the optical integrator 33 to change at random for every pulse. If numerical aperture of incoming beams is set to NA2 and size which met in the scanning direction of a microlens is set to d2 as shown in drawing 10 , since the coherence field in plane of incidence is λ/NA 2, it will be illuminated in the group of the phase contrast from which only $d2 / (\lambda/NA$ 2) individual differs. It is required for this group to be ten or more pieces at least, i.e., to satisfy the following conditional expression (8). Furthermore, it is still more desirable for the lower limit of conditional expression (8) to be more than a pulse number (usually 30-50).

$10 < d2 / (\lambda/NA$ 2) (8)

[0064] In addition, with each above-mentioned operation gestalt, although this invention is applied to the illumination-light study equipment of a microscope or an aligner, this invention can be applied to other common illumination-light study equipments, without being limited to this.

[0065] Moreover, the flux of light from the circumference part to which the illuminance is falling in the radiation field formed in a backside [condenser lenses 25 and 35] focal plane may be interrupted by aperture diaphragms 24 and 34, and it is not necessary to interrupt with the above-mentioned 2nd operation gestalt and the above-mentioned 3rd operation gestalt. Since the width of face of the circumference part to which an illuminance falls according to this invention is small stopped when interrupting the flux of light from a circumference part, the quantity of light loss in aperture diaphragms 24 and 34 can be suppressed small.

[0066]

[Effect of the Invention] the radiation field formed even if it makes size of each microlens small and sets up the number of wavefront splitting greatly in the optical integrator of this invention, as explained above -- the whole can be covered mostly and uniform illumination distribution can be acquired. Therefore, with the illumination-light study equipment incorporating the optical integrator of this invention, the whole can be covered mostly and an irradiated plane can be illuminated according to uniform illumination distribution. Furthermore, in the aligner incorporating the illumination-light study equipment of this invention, the whole can be covered mostly, a mask can be illuminated by uniform illumination distribution, and the detailed pattern of a mask can be imprinted good.

[Translation done.]

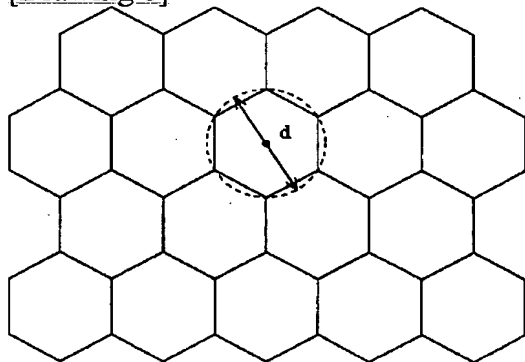
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

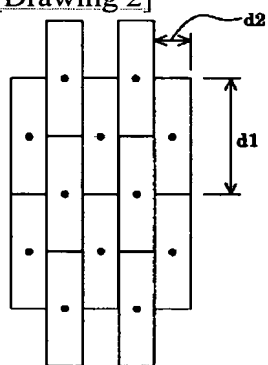
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

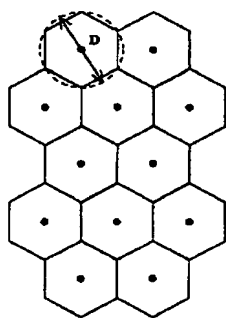
[Drawing 1]



[Drawing 2]

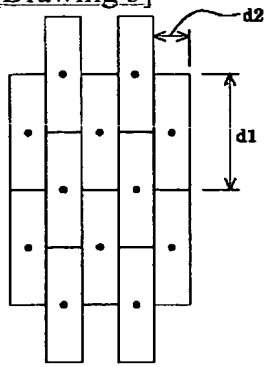


(a) 入射面

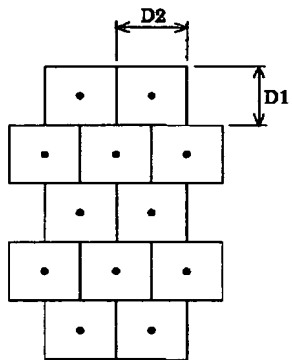


(b) 射出面

[Drawing 3]

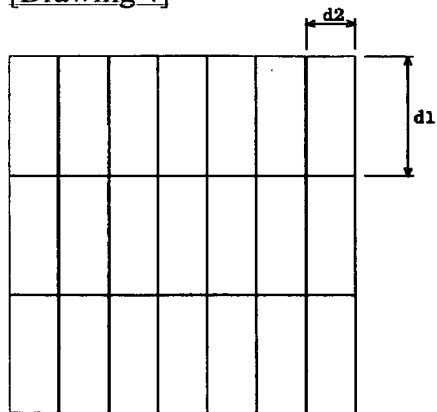


(a) 入射面

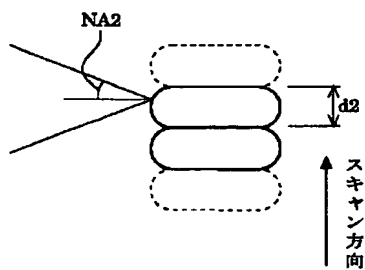


(b) 射出面

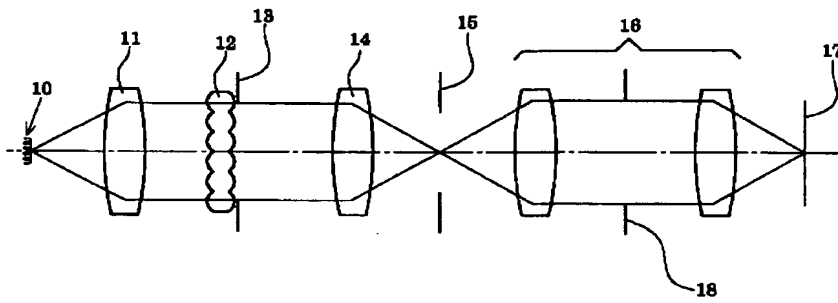
[Drawing 4]



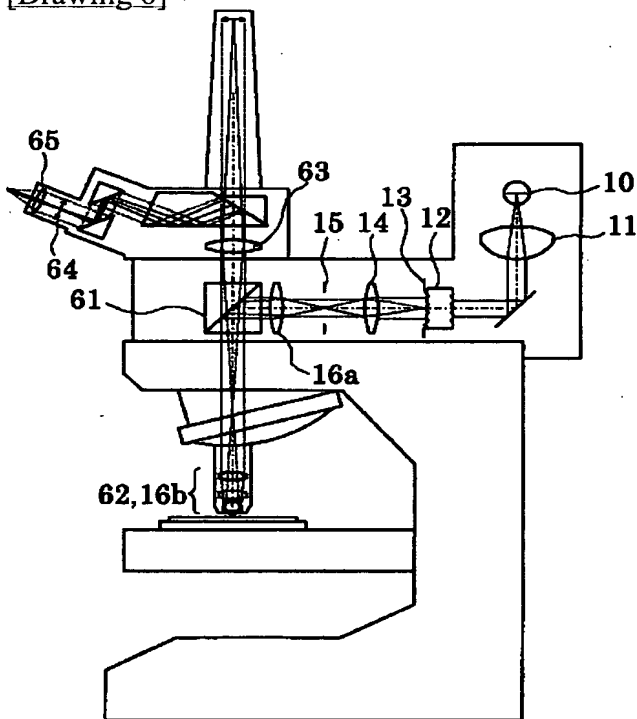
[Drawing 10]



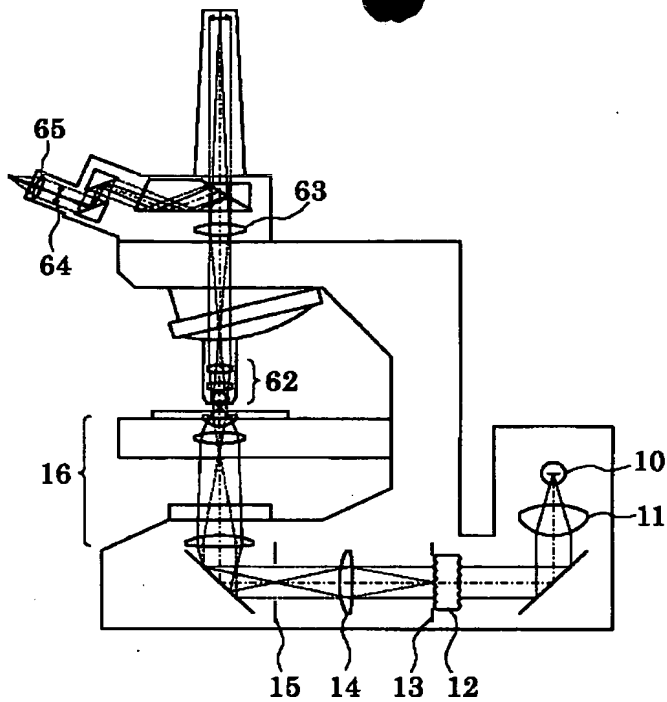
[Drawing 5]



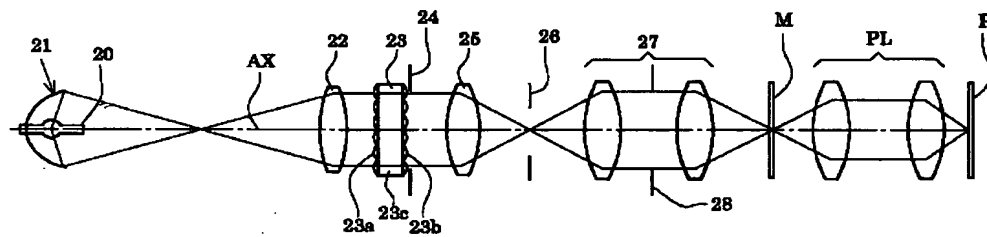
[Drawing 6]



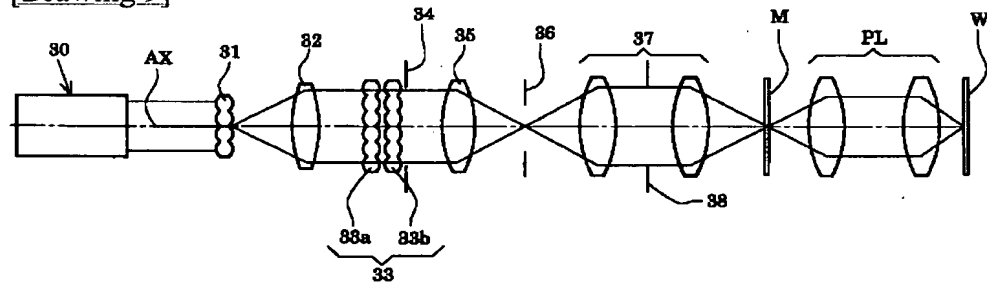
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]